FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV.

TOME QUATRIÈME.

LOUVAIN,
CH. PEETERS, ÉDITEUR
rue de Namur, 22.

PARIS,
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE,
35, rue de Grenelle.

1878

21-85368 Aug 3

LES INONDATIONS.

La question des inondations est de celles que leur nature condamne à être constamment à l'ordre du jour. Il ne se passe guère d'année, ni même de saison, que l'attention n'y soit ramenée par quelque nouveau désastre ; et l'importance du sujet, loin d'aller en s'affaiblissant, s'accroît au contraire chaque jour, en raison du développement continu des intérêts matériels que le débordement des rivières met en péril. Aussi y a-t-il peu de questions qui aient exercé à un pareil degré le zèle de ceux que préoccupe le souci de la fortune publique. Chacun a dit son mot ou proposé son remède et des sommes incalculables ont été dépensées pour donner au moins une apparence de satisfaction aux intérêts en jeu. Cependant il ne semble pas que la solution de ce grave problème puisse être considérée comme acquise et même, à regarder les ravages, de jour en jour plus grands, que causent les crues de certains fleuves, il est bien permis de de se demander si les efforts tentés jusqu'ici ne révèlent pas plus de bonnes intentions que de sagacité dans la recherche des causes ou dans le choix des moyens.

C'est qu'en réalité peu de problèmes sont plus complexes que celui des inondations; les lois du débordement des rivières doivent être cherchées à la fois dans la météorologie, la géologie et l'hydraulique, et c'est pour avoir négligé l'un ou l'autre de ces points de vue qu'on a si souvent produit des solutions incomplètes, parfois même funestes aux intérêts qu'on voulait servir. Les uns, frappés des effets du déboisement, y ont vu la cause unique des inondations; d'autres, attribuant les ravages des eaux à la vitesse que leur imprime une pente exagérée du thalweg, ont demandé à l'art de l'ingénieur des moyens dispendieux et trop souvent inefficaces pour dominer l'influence de la pente. Pendant ce temps, les populations des vallées, toujours affolées par la crainte de désastres prochains, exigent qu'on les protége immédiatement par des levées latérales. L'autorité publique n'ose pas s'y refuser, bien qu'elle manque la plupart du temps des ressources nécessaires pour donner aux ouvrages la solidité voulue et que, dans ces conditions, tous les hommes sérieux reconnaissent l'insuffisance d'un moyen de protection dont l'effet le plus certain est d'aggraver les ravages causés par les eaux lors des inévitables ruptures qui se produisent dans les digues. Et ainsi l'argent se dépense en efforts inutiles, sans que le fléau perde rien de sa fréquence ni de sa gravité.

Nous n'avons pas l'intention de venir, à notre tour, proposer quelque panacée propre à écarter pour toujours le danger des inondations. Notre but est simplement de poser, avec autant de netteté que possible, les termes d'une question aussi complexe. Nous étudierons donc d'abord les conditions physiques sous l'empire desquelles se produit le débordement des rivières; ensuite nous rechercherons si l'industrie humaine peut avoir quelque prise sur ces conditions, et dans quelle mesure il lui est possible d'atténuer le caractère désastreux que ce phénomène naturel offre trop souvent de nos jours.

Pour remplir cette tâche, nous mettrons largement à profit les travaux de quelques savants ingénieurs français. Le premier est M. Belgrand, l'homme éminent à qui la ville

de Paris doit sa remarquable alimentation d'eau et dont la mort vient de trancher récemment la laborieuse carrière (1). Le second est M. Dausse (2), qui a porté, dans l'étude du régime des rivières, avec la compétence d'un hydraulicien consommé, les vues philosophiques les plus élevées et les plus justes.

A ces deux noms il faut joindre ceux de MM. Surell et Cézanne, dont les belles études sur les torrents des Hautes-Alpes ont acquis à leurs auteurs un renom mérité.

Une rivière déborde toutes les fois que, par l'effet d'une précipitation atmosphérique trop abondante, le thalweg reçoit, à un moment donné, une quantité d'eau supérieure à celle que la section du lit normal de la rivière et sa pente lui permettent de débiter.

La vraie cause des inondations réside donc à la fois dans l'excès des précipitations atmosphériques, c'est-à-dire des pluies (car les débordements dus à la fonte subite des neiges ne sont qu'une exception) et dans l'*arrivée simultanée, sur un même point*, des eaux résultant de ces précipitations.

Nous ne pensons pas que personne, à l'heure actuelle, puisse caresser l'illusion qu'il serait possible à l'humanité d'exercer quelque influence sur le régime des pluies dans une contrée quelconque. La pluie n'est rien autre chose que la condensation, sous forme liquide, de la vapeur d'eau apportée par les vents. Ces derniers, dont le cours est gouverné par des lois sur lesquelles nous n'avons aucune

(1) Voir spécialement : *La Seine, Études hydrologiques*, Paris, Dunod, 1872. — *Le Bassin parisien aux âges antéhistoriques.* — Paris, Imprimerie Impériale, 1869.

(2) Voir l'*Essai sur la statistique des principales rivières de France*, couronné en 1840 par l'Institut, à la suite de divers mémoires présentés à l'Académie des sciences; voir aussi : *De la Pluie et de l'influence des forêts sur les cours d'eau* (Annales des Ponts et Chaussées, 1842), ainsi que plusieurs notes publiées par M. Dausse dans le *Bulletin de la Société géologique de France.*

prise, se chargent d'humidité au-dessus de l'océan, dans les régions chaudes qu'ils ont traversées avant d'arriver à nos continents. Au contact de régions plus froides que celles d'où elles viennent, les masses d'air, ne pouvant plus contenir une aussi grande quantité de vapeur d'eau, en abandonnent une partie sous forme de pluie; souvent aussi la pluie résulte simplement du travail effectué par l'air chargé de vapeur lorsqu'il s'élève pour franchir une chaîne de hauteurs ; il résulte, en effet, de cette élévation, accompagnée d'une dilatation correspondante (puisque l'air est moins dense à mesure qu'on s'élève), un travail mécanique qui exige une dépense équivalente de chaleur; cette chaleur étant nécessairement empruntée à l'air en mouvement, ce dernier doit perdre, par condensation, une partie de la vapeur d'eau que sa température lui avait d'abord permis d'emmagasiner dans sa masse.

Ainsi, la quantité de vapeur apportée par les courants atmosphériques dépendant du lieu d'origine de ces courants et de la température des régions qu'ils ont déjà traversées, la portion de cette vapeur qui se précipitera sur un bassin déterminé dépendra, d'une part, de la température de ce bassin, c'est-à-dire de la saison et de la latitude, d'autre part, des conditions spéciales du relief de la contrée. Ainsi, dans un pays où dominent les vents d'ouest, comme la France, s'il y avait, sur le rivage atlantique, une chaîne de montagnes semblable aux Alpes ou au Pyrénées, toute la vapeur d'eau se précipiterait sur le versant occidental et la pluie serait très peu abondante dans l'intérieur du pays. Souvent même, l'air, accomplissant, par sa descente sur le versant oriental, un travail inverse de celui de la montée, deviendrait desséchant pour ce versant, comme c'est le cas du *foehn* pour le versant nord des Alpes suisses. Au contraire, le bord occidental de la France étant généralement plat, la quantité d'eau que donnent les vents d'ouest va d'ordinaire en croissant de la mer vers l'intérieur et elle atteint son maximum à la rencontre des massifs montagneux tels que le Morvan et les sommités du Plateau Central.

En résumé, la pluie, considérée comme un phénomène météorologique, obéit à des lois que nous ne pouvons modifier à aucun degré, et où se fait sentir, avant tout, l'influence prédominante des *conditions géographiques*.

Mais toute la vapeur qui se précipite en pluie n'arrive pas nécessairement aux cours d'eau; une portion, plus ou notable, n'a pas plutôt touché la terre qu'elle est reprise par l'évaporation et restituée à l'atmosphère. Ce facteur de l'évaporation offre une grande importance, à ce point que, suivant les bassins, on constate qu'il n'arrive aux cours d'eau que le tiers ou la moitié de la pluie tombée. La proportion en est très variable suivant les saisons, ce qui se comprend aisément, puisque l'évaporation a pour cause unique la chaleur solaire ; c'est donc en été que la quantité d'eau évaporée est la plus grande ; aussi les plus fortes pluies des mois chauds ne produisent-elles en général, dans les cours d'eau, que des variations de niveau peu importantes et M. Dausse a pu, depuis longtemps déjà, formuler cette loi générale : les pluies de la saison chaude ne profitent pour ainsi dire point aux cours d'eau, les crues importantes étant toujours produites par les pluies de la fin de l'automne, de l'hiver ou du commencement du printemps.

Si l'évaporation a sa source dans la chaleur développée par les rayons solaires, la manière dont elle se produit est influencée par la nature physique du sol. Ainsi l'évaporation est évidemment beaucoup plus rapide et plus complète sur une terre nue que sur une prairie ou une forêt qui, par leur végétation, protègent une partie de l'eau tombée contre l'action directe du soleil. A ce point de vue, le facteur de l'évaporation pourrait être considéré comme un de ceux dont l'intervention de l'homme est apte à modifier la valeur en raison du mode de culture adopté ; mais, d'une part, les moyens propres à augmenter le rôle de l'évaporation iraient directement contre le but final, ainsi que nous le verrons, en favorisant le ruissellement à la surface du sol ; d'autre part, l'évaporation n'ayant une importance sérieuse que dans

la saison chaude, c'est-à-dire dans celle où les pluies profitent à peine aux cours d'eau, son rôle mérite peu d'être considéré quand on traite des inondations, presque toujours limitées à la saison froide.

On voit, en définitive, que, toutes choses égales d'ailleurs, les inondations sont d'autant plus à redouter que les pluies sont plus localisées dans la saison froide. Aussi doit-on considérer comme une circonstance favorable, pour le bassin de la Seine, ce fait que la chute de pluie, dans la saison froide, est toujours inférieure à ce qu'elle est dans la saison chaude. Pour Paris, cette différence est très marquée. Ainsi, de 1849 à 1872, on a constaté une chute moyenne de pluie de 217 millimètres dans la saison chaude, tandis qu'elle était de 297 milimètres dans la saison froide.

Parmi les causes qui produisent ce résultat, il faut noter ce fait que les vents pluvieux, en France, sont ceux qui viennent de l'ouest et du sud-ouest après avoir traversé l'Atlantique; or, dans la saison froide, la terre ferme agit comme condenseur de froid; l'air des continents s'y trouve donc, à latitude égale, plus froid que celui des océans; aussi les vents se déchargent-ils de leur humidité sur les côtes, où l'abondance des pluies ne saurait produire de crues sérieuses, et il en arrive d'autant moins dans l'intérieur des bassins. Les observations consignées dans l'Annuaire de l'Observatoire de Montsouris établissent clairement que, depuis les Pyrénées jusqu'à la Loire, sur tout le littoral atlantique, la chute de pluie est plus considérable dans la saison froide que dans la saison chaude; l'équilibre ne se rétablit que dans les bassins du Lot et de l'Aveyron.

Ce que nous venons de dire suffit pour faire apprécier combien sont multiples les causes qui influent sur la répartition des pluies; encore les divers bassins offrent-ils, à cet égard, des différences très tranchées. Ainsi le bassin de la Seine est remarquable par son homogénéité; son relief très simple y fait prédominer partout en même temps les mêmes conditions physiques et, quand le temps est pluvieux,

il l'est depuis le Morvan jusqu'à la mer. Aussi tous les cours d'eau du bassin de la Seine entrent-ils simultanément en crue. Il n'en est plus tout à fait de même pour la Loire et quant au Rhône, qui traverse, ainsi que ses affluents, les régions les plus dissemblables au point de vue du relief et de la composition du sol, son régime est la résultante d'une foule d'effets élémentaires dont chacun doit être analysé indépendamment des autres.

En tout cas, si cette analyse est infiniment précieuse au point de vue de la détermination exacte du régime propre à chaque contrée, elle s'applique à des éléments qu'il n'est pas en notre pouvoir de modifier et elle ne fait, comme nous l'avons déjà dit, que mettre en évidence l'influence des conditions géographiques.

Acceptant donc l'abondance et la distribution des pluies comme une donnée physique, variable avec les régions, occupons-nous de la portion des précipitations atmosphériques qui, n'étant pas reprise par l'évaporation, est destinée à se rendre aux cours d'eau.

Ici se présente une considération d'une importance capitale, si simple qu'il semblerait qu'on a dû de tout temps la faire entrer en ligne de compte, et qui, pourtant, n'a été appréciée et reconnue d'une manière explicite que depuis les travaux de M. Belgrand : nous voulons parler de la *perméabilité* du sol.

Lorsqu'un sol est imperméable, c'est-à-dire de nature argileuse ou schisteuse et exempt de fissures, l'eau de pluie n'y pénètre pas; elle *ruisselle* à la surface, profitant partout des directions de plus grande pente; et ainsi se dessinent, sur le sol d'une région, une multitude de lignes de thalweg, qui donnent à la contrée un aspect ondulé, et qui ne sont que les chemins habituellement suivis par les eaux en cas d'averses. Ces thalwegs, ordinairement à sec ou parcourus par des cours d'eau *non pérennes*, c'est-à-dire exposés à tarir pendant plusieurs mois de l'année, facilitent l'arrivée rapide de l'eau de pluie dans les rivières. C'est pourquoi tous les

cours d'eau dont les bassins sont, en majeure partie, formés de terrains imperméables, éprouvent des crues violentes et de courte durée. L'impénétrabilité du sol, en obligeant l'eau de pluie à ruisseler, facilite la concentration de toute l'eau tombée en un seul flot. Ainsi l'Yonne et ses affluents sont sujets à des crues violentes, parce que, aussi bien sur les sols granitiques du Morvan que sur les argiles jurassiques de l'Auxois, l'eau de pluie ruisselle et se concentre rapidement dans les thalwegs. De plus, ces crues sont limoneuses, les sols imperméables abandonnant aux eaux qui les ravinent des éléments boueux.

Au contraire, quand le sous-sol est perméable, c'est-à-dire formé de roches spongieuses et absorbantes, comme les sables, ou parcouru par mille fissures comme les grès et la plupart des calcaires, l'eau de pluie, au lieu de ruisseler à la surface du sol, s'imbibe lentement dans la profondeur et se réunit en nappes souterraines qui se déchargent au dehors, en certains points privilégiés, sous la forme de sources. Au lieu de ces innombrables lignes de thalweg par lesquelles les régions imperméables se signalent à première vue sur une carte topographique, les pays calcaires ou sableux sont caractérisés à la fois par le petit nombre et par la permanence des cours d'eau. Les rivières sont importantes et peu nombreuses, et en même temps leurs variations de niveau sont peu sensibles, parce que les nappes qui leur donnent naissance constituent des espèces de réservoirs ou de régulateurs dont la masse est trop considérable pour être grandement affectée par l'addition du produit de quelques averses. En outre, l'imbibition de l'eau de pluie dans les profondeurs du sol étant nécessairement très lente, les crues des cours d'eau à bassins perméables sont en retard sur celles des bassins imperméables ; de plus, leur durée est sensiblement plus longue, l'écoulement du surplus de la nappe d'alimentation ayant lieu lentement par les sources. Si donc on dessine ce qu'on appelle la *courbe des crues*, c'est-à-dire si l'on porte, sur une ligne horizontale, des intervalles égaux cor-

respondant aux jours écoulés et, sur des lignes verticales, des hauteurs proportionnelles à l'excès des niveaux successifs de l'eau sur son niveau moyen, on obtiendra, dans le cas des bassins imperméables, des courbes très accentuées, mais de faible amplitude horizontale, tandis que les bassins perméables fourniront des courbes très peu saillantes, mais où l'excès de courbure au-dessus de la ligne moyenne se fera sentir beaucoup plus longtemps. En outre, pour une même période de pluies, les premières courbes commenceront à s'élever plus tôt que les secondes. Enfin, les crues des cours d'eau de la deuxième catégorie étant alimentées par une eau qui a filtré lentement dans les interstices du sous-sol pour arriver aux sources, ces crues seront généralement limpides.

Ainsi l'élément capital qui, pour un régime donné de pluies, détermine le mode de production des crues, est le degré de perméabilité du sol. Suivant que les terrains de l'une ou l'autre espèce prédominent dans le bassin d'un cours d'eau, les crues de ce cours d'eau seront violentes ou insignifiantes. La Somme qui, depuis sa source jusqu'à son embouchure, ne traverse absolument que des terrains perméables, n'éprouve jamais de débordements sérieux. Le rapport entre le volume d'eau qu'elle débite à l'étiage et le volume débité en temps de crues est seulement de 1 à 4. La Seine, pour laquelle les terrains imperméables alternent avec les autres, mais en laissant ces derniers en majorité, offre un rapport voisin de 1 à 30. Pour la Loire, dont le bassin est en majeure partie imperméable, le rapport s'abaisse jusqu'à 1 pour 400.

Rien n'est plus propre que ces chiffres à faire ressortir l'influence, si longtemps méconnue, de cette constitution physique du sous-sol, influence que la géologie nous donne les moyens de prévoir et d'analyser, mais sans qu'il nous soit possible de la modifier dans sa cause fondamentale.

A l'influence de la perméabilité vient s'ajouter celle de la *pente*. La pente intervient de deux manières : d'abord en

facilitant le ruissellement, ensuite en communiquant aux eaux une force vive qui les rend capables d'actions mécaniques. Si perméable que soit un terrain, quand la pente de sa surface est trop forte, l'eau de pluie ne peut pénétrer dans le sol; elle ruisselle donc avec une vitesse en rapport avec le degré de pente, produisant dans le terrain des ravinements qui facilitent la concentration du flot. En même temps, par la vitesse dont cette eau est animée, la masse liquide, malgré son défaut de cohésion, devient comme une sorte de projectile lancé contre la paroi du thalweg avec une force suffisante pour la dégrader. Mais cet effet est considérablement aggravé par les matières que l'eau transporte. La dimension des corps solides charriés par les cours d'eau est en relation avec la vitesse de ces derniers. Un courant qui chemine avec une vitesse de 50 centimètres par seconde ne charrie que des sables. S'il parcourt, dans le même intervalle, un espace de $1^{m}50$, il pourra déplacer du gravier de la grosseur d'une noisette. Or, sur les fortes pentes des pays montagneux, il n'est pas rare qu'un torrent atteigne une vitesse de 12 à 14 mètres. Dans ces conditions, il devient capable de transporter de très gros blocs, dont le choc exerce contre les parois les effets les plus puissants. Il arrive même souvent que, dans une gorge étroite, l'air mis en mouvement par le déplacement de l'eau suffise à emporter des arbres et jusqu'à des ponts. La dégradation des berges et le glissement des parois sont les effets les plus habituels de ces chocs; parfois ces éboulements opposent au torrent une digue momentanée; mais l'eau, s'accumulant en arrière, finit par rompre ce barrage mal cimenté et alors elle se précipite plus furieuse que jamais, renversant tout sur son passage à la faveur de l'excès de masse que cette concentration lui a communiqué.

Arrivé à l'extrémité de son couloir, le torrent s'étale brusquement dans la vallée principale, qu'il encombre par son cône de déjection, contribuant ainsi à la dangereuse instabilité du cours d'eau dans lequel il se jette.

Il y a donc une très grande différence à faire entre les cours d'eau qui sont alimentés par des massifs montagneux accidentés et ceux dont le bassin n'offre nulle part de pentes exagérées. Ce dernier cas est celui de la Somme et certainement l'absence complète de fortes pentes est pour quelque chose dans la constance du régime de cette rivière. Au contraire, la Loire et ses principaux affluents, tels que l'Allier, prennent leur source dans des bassins à relief accentué, où la pente vient ajouter ses effets à l'imperméabilité du sol, imprimant à ces cours d'eau, en temps de fortes pluies, un caractère nécessairement torrentiel.

Or ce qui caractérise les torrents, c'est, d'abord, leur instabilité, puisque, la plupart du temps, leur lit est à sec; c'est ensuite la modification incessante qu'ils exercent sur leur bassin. Par la destruction constante des parois de son entonnoir et de son lit, comme aussi par l'allongement continu de son cône de déjection, un torrent cherche à réaliser les conditions de tout cours d'eau stable, c'est-à-dire la création d'un lit tel que la résistance du fond et des parois soit justement égale à la force normale du courant. On comprend donc qu'une rivière alimentée par des torrents participe également de ce caractère, et qu'elle aussi doive dégrader les versants de sa vallée pour allonger son parcours jusqu'à ce qu'elle ait conquis un régime stable; de là trois sortes de cours d'eau; les cours d'eau *torrentiels*, à forte pente, qui modifient, par érosion, le profil de leur lit; les cours d'eau *divaguants*, qui ne manifestent plus leur instabilité que par les changements horizontaux que le lit de la rivière éprouve dans sa vallée à fond plat; enfin les cours d'eau *stables*, dont le régime est permanent. Encore cette permanence doit-elle s'entendre d'un *état moyen*, autour duquel le régime de la rivière oscille, la moyenne des pluies étant loin d'être constante tous les ans.

Ajoutons que tout cela suppose des conditions météorologiques stables, c'est-à-dire oscillant elles-mêmes autour d'une moyenne peu variable. Si, dans une région donnée, les pré-

cipitations atmosphériques venaient à augmenter ou à diminuer sensiblement, le régime des cours d'eau ne pourrait manquer de s'en ressentir.

Les cours d'eau peuvent donc être considérés comme des appareils naturels destinés à débiter l'excès des précipitations atmosphériques sur l'infiltration souterraine et l'évaporation. Ces appareils tendent d'eux-mêmes, par leur propre jeu, vers l'état d'équilibre stable; mais tandis que quelques-uns d'entre eux l'ont déjà conquis, d'autres en sont encore fort éloignés, soit que leur travail aît commencé plus tard, soit que leur œuvre fût plus difficile à accomplir. C'est évidemment de la part des cours d'eau de cette dernière espèce qu'on peut avoir à redouter des inondations désastreuses, et ce danger pourra difficilement être évité si l'effet de fortes pentes vient s'ajouter à celui de l'imperméabilité du bassin.

Il nous reste maintenant à expliquer pourquoi les rivières, au lieu d'être encaissées entre deux parois en pente, offrent généralement, de part et d'autre de leur lit normal, un espace horizontal très large, qu'elles recouvrent en entier dans leurs grandes crues. Le secret de cette disposition doit être demandé à la géologie. Cette science nous apprend qu'à une époque peu éloignée de celle où nous vivons, l'Europe, pour ne parler que d'elle, était soumise à un régime météorologique très différent de celui qui prévaut aujourd'hui. Les précipitations atmosphériques étaient assez abondantes pour nourrir, en Suisse, d'immenses glaciers dont l'extrémité libre s'avançait au-delà de Lyon dans la vallée du Rhône et, en France, des cours d'eau capables d'occuper toute la partie plate de nos vallées actuelles. Ce régime ayant pris fin brusquement, ainsi que l'a remarqué M. Belgrand, sans que les rivières pussent remblayer avec des graviers leurs lits devenus trop larges, les nouveaux cours d'eau n'occupent plus qu'une petite partie de leur fond plat; mais quand de grandes pluies, aidées de toutes les circonstances physiques que nous venons d'analyser, restituent momentanément aux rivières leur ancienne puissance, elles s'épanchent librement,

à droite et à gauche, sur ce fond qui leur appartenait autrefois et que l'époque dite *quaternaire* nous a légué comme une preuve de l'abondance des précipitations aqueuses à ce moment de l'histoire du globe.

Telle est, esquissée à grands traits, l'histoire des conditions physiques qui président au régime des rivières. On voit par là que les débordements font partie de ce régime, tantôt parce qu'il est encore instable, tantôt parce que sa stabilité n'est acquise qu'autour d'une certaine moyenne et comporte des oscillations d'une amplitude variable. Quant à l'intensité des débordements, elle est déterminée par des causes diverses, qui, suivant les circonstances, agissent ensemble ou séparément et dont les principales sont : l'abondance des précipitations atmosphériques dans la saison froide, l'imperméabilité du bassin, enfin l'excès de pente de quelques-unes de ses parties.

Il peut sembler, après cet exposé, que les inondations sont un phénomène naturel sur lequel l'homme n'a point de prise et que, dès lors, il est tout à fait inutile de chercher à s'en préserver. Telle n'est pas, cependant, notre conclusion. Tout en admettant qu'il est téméraire d'engager une lutte de front avec les cours d'eau, nous croyons volontiers qu'il existe des moyens de limiter le mal causé par les inondations, et que, à part certains cas exceptionnels où la puissance déployée par les eaux défie toute espèce de palliatifs, on pourrait, par de sages dispositions, atténuer grandement le caractère désastreux que ce fléau revêt trop fréquemment.

Tout d'abord, il faut tourner notre attention vers les torrents, parce qu'ils se rencontrent communément dans les massifs montagneux où les rivières prennent leur source, et qu'ainsi leurs ravages se font plus ou moins sentir sur tout le cours de la rivière principale à partir de leur confluent. La puissance d'un torrent vient de la concentration presque immédiate, en un seul flot, de toute l'eau tombée sur un massif déterminé, et de l'impuissance où sont généralement les berges de résister à l'action d'une telle masse d'eau

charriant des blocs de pierre. A cela que peut-on faire ? d'une part, retarder, par tous les moyens possibles, la concentration de l'eau ; d'autre part, consolider les berges par des travaux appropriés.

Pour empêcher la concentration de l'eau, c'est-à-dire le ruissellement, il faut couvrir le massif d'une végétation qui divise les eaux en les obligeant à s'éparpiller en mille petits filets. Les prairies, quand elles sont possibles, et en tout cas les bois répondent parfaitement à ce besoin ; c'est pour avoir imprudemment détruit les bois et les herbages que tant de pays de montagnes ont vu les torrents reprendre une allure désastreuse qu'ils avaient perdue de mémoire d'hommes. L'une des pratiques les plus nuisibles à cet égard est celle de la vaine pâture. En laissant les bestiaux et surtout les moutons et les chèvres arracher, sur des pentes roides, la végétation qui les protégeait, on favorise, non-seulement le ruissellement, mais aussi la descente du sol et des pierres sous l'action des pluies. Un tel abus devrait être partout énergiquement combattu. L'exemple de la Savoie est là pour montrer qu'il suffit de supprimer ce droit de pâture pour qu'en peu d'années, et sans aucune intervention de l'homme, les pentes des Alpes redeviennent boisées comme elles l'étaient autrefois.

Des rigoles à peu près horizontales doivent être creusées, à différents niveaux, pour amener les eaux, sans vitesse appréciable, dans les thalwegs où elles feront le moins de mal. Ces thalwegs seront divisés en sections à pente réduite formant comme autant de marches d'escalier. La solidité des berges sera assurée par des plantations, des fascinages, des enrochements au besoin, et surtout par des dispositions préventives ayant pour but d'empêcher les eaux de la surface de pénétrer dans les fentes du sol, suivant lesquelles des glissements ne tarderaient pas à se produire.

A tous ces moyens, si savamment développés dans l'ouvrage de MM. Surell et Cézanne, il convient d'ajouter, dans certains cas particuliers, la construction de digues qui brisent

la pente en même temps qu'elles emmagasinent derrière elles une masse d'eau destinée à s'écouler désormais lentement et sans force vive. C'est ce qu'on a fait avec succès dans le lit du Furens pour préserver la ville de Saint-Étienne; un tel intérêt méritait bien qu'on ne reculât pas devant la dépense d'un aussi grand ouvrage.

On le voit, avec un torrent, la lutte directe est possible, parce que la masse d'eau en mouvement est en réalité assez faible et que le mal est circonscrit sur un petit espace. De tels travaux, entrepris avec méthode dans les contrées les plus exposées à ce fléau, produisent à bref délai les plus heureux résultats.

Il n'en est plus tout à fait de même lorsqu'il s'agit d'une rivière importante, comme la Seine. Ainsi on a souvent proposé, comme remède aux grandes crues, l'établissement de barrages dans les vallées latérales, de manière à transformer ces dernières, à leur débouché dans la vallée principale, en vastes réservoirs retenant les eaux des crues pour les obliger à s'écouler successivement. Mais, d'une part, ce résultat ne saurait être obtenu qu'en substituant à la submersion de la vallée principale celle des vallées latérales, qui peut être parfois tout aussi désastreuse. D'autre part, la masse d'eau à emmagasiner défie le plus souvent tous les moyens dont on peut disposer. Pour qu'un réservoir situé sur le parcours d'un grand fleuve soit efficace en temps de crues, il faut que sa capacité soit considérable. C'est ainsi que le Rhône, à sa sortie du lac de Genève, et le Saint-Laurent, à l'issue des lacs américains, empruntent aux énormes dimensions de ces lacs une stabilité de régime exceptionnelle, qui leur a valu le nom de *rivières à régulateurs*. Le rapport de l'étiage aux crues est, comme pour la Somme, celui de 1 à 4. Encore, pour le Rhône, cette stabilité ne se maintient-elle même pas jusqu'à Lyon. On ne saurait songer à reproduire artificiellement l'effet de ces grands régulateurs naturels qu'à la condition d'établir, sur le cours d'une rivière, plusieurs réservoirs occupant une surface immense. Ainsi l'on a fait

le calcul que, pour empêcher la grande crue de 1740 d'inonder l'ancien Paris, il aurait fallu pouvoir emmagasiner, pendant huit jours, deux cent seize millions de mètres cubes d'eau. Or l'un des plus grands réservoirs connus, celui des Settons, sur la Cure, possède une capacité de vingt-deux millions de mètres cubes ; il en faudrait donc dix semblables, et, de plus, on devrait s'arranger de manière à ce qu'ils fussent vides au moment où une grande crue passerait, chose le plus souvent impossible, sans parler de l'énorme dépense qu'exigerait la construction de ces réservoirs.

Ce n'est donc que dans la partie torrentielle du lit d'une rivière ou de ses affluents que ce moyen peut être employé avec quelque efficacité. Le plus souvent, les terrains ont peu de valeur dans cette portion du bassin et l'acquisition en est dès lors moins dispendieuse. Toutefois, les frais d'établissement des barrages sont assez élevés pour qu'on doive y regarder à deux fois avant d'engager, en vue de désastres très peu fréquents, des dépenses qui pourraient dépasser la valeur des risques à courir ; aussi convient-il de n'adopter cette solution que quand on peut faire servir utilement les réservoirs, soit à l'alimentation des canaux, soit à la création de forces motrices, soit enfin aux besoins des irrigations agricoles. C'est à ces derniers points de vue surtout que M. Belgrand a signalé l'utilité que présenteraient, dans le bassin de la Seine, des réservoirs convenablement échelonnés sur les pentes du Morvan. Les intérêts de l'agriculture peuvent réclamer la mise à exécution de cette idée ; mais la cause des inondations a peu de chose à y gagner.

En revanche, il y a lieu de se préoccuper de diminuer, par un mode de culture convenable, l'influence du ruissellement dans les parties du bassin où elle est le plus sensible. Ainsi que nous l'avons indiqué en parlant des torrents, il faut assurer à la fois la fixité du sol et la division des eaux courantes en filets infiniment petits ; c'est à quoi l'on arrive par une végétation permanente, telle que celle des prairies ou des forêts.

On a beaucoup discuté sur le rôle des forêts dans les inondations; de bons esprits, se fondant sur des traditions anciennes, qui attribuent à la Seine, à l'époque gallo-romaine, un régime plus stable que celui qu'elle possède de nos jours, ont vu, dans le défrichement de la grande forêt hercynienne, la cause du changement survenu. C'est ainsi qu'on a souvent reproduit un passage du *Misopogon* où l'empereur Julien, vantant la limpidité des eaux de la Seine à Lutèce, définissait le régime de la rivière par cette phrase significative : « Raroque fluvius minuitur ac crescit; sed qualis æstate, talis esse solet hieme. » Il est vrai que, pour apprécier sainement la portée de cette indication, il faudrait posséder, sur les conditions météorologiques de l'époque, des données précises qui nous font absolument défaut. Or, les variations survenues dans la dimension des glaciers de la Suisse, que des traditions certaines nous représentent comme si réduits au quinzième siècle, attestent que le climat de l'Europe a varié, depuis les temps historiques, dans des limites assez étendues.

Néanmoins l'heureuse influence que les forêts exercent sur le régime des eaux ne saurait être contestée; mais comment cette influence s'exerce-t-elle?

Est-ce en retardant l'arrivée de l'eau dans les thalwegs? on l'a cru souvent. Néanmoins il semblerait que cette opinion soit contredite par des expériences de M. Belgrand. En étudiant le régime de deux ruisseaux des environs d'Avallon, tous deux situés en terrain imperméable, mais l'un à versants boisés, l'autre à versants déboisés, M. Belgrand a pu conclure de ses mesures précises que les bois, du moins ceux qui sont peuplés d'arbres à feuilles caduques, ne retardent pas sensiblement les crues; il en donne pour raison que ces bois, dépouillés de leurs feuilles pendant l'hiver, n'opposent plus alors d'obstacle au ruissellement des pluies de la saison froide. De la sorte, l'action bienfaisante des bois aurait plutôt son principe dans la fixité que les racines des arbres impriment au sol.

Peut-être serait-il imprudent de généraliser les résultats d'expériences faites sur une aussi petite échelle; quelques circonstances particulières ont pu rendre insensible la différence du régime des deux cours d'eau étudiés par M. Belgrand, sans que pour cela on soit en droit d'affirmer qu'en général les bois ne retardent pas les crues. Il est impossible d'admettre qu'il n'y ait pas de différence, même en hiver, entre le sol d'une forêt et celui d'une terre labourée. Les arbres, encore qu'ils soient dépouillés de leurs feuilles, reçoivent sur le tronc et les branches une notable partie de l'eau qui tombe; le sol de la forêt est encombré d'herbes ou de détritus végétaux, qui forment comme une nappe spongieuse, propre à absorber et à retenir pendant quelque temps les eaux de pluie; et par là non-seulement l'écoulement est retardé, mais le jeu de l'évaporation trouve plus facilement à s'exercer. Aussi persistons-nous à croire que les bois font plus que fixer le sol et qu'ils exercent sur le ruissellement une action directe.

A côté des forêts viennent les prairies, qui ne leur cèdent en rien sous le rapport de la fixité qu'elles donnent au sol; de plus, leur végétation, qui subsiste toute l'année, contrarie d'une manière permanente la concentration des eaux en filets susceptibles d'une masse et d'une vitesse sensibles. On sait d'ailleurs avec quelle ténacité les herbages retiennent l'eau, même sous les rayons d'un soleil brûlant, pour peu que la richesse de leur végétation soit entretenue par le pâturage des bestiaux en enclos. Aussi ce mode de culture est-il à recommander dans tous les bassins imperméables; et son emploi est d'autant plus facile que les sols imperméables sont précisément ceux que la nature a prédisposés à porter des herbages.

Nous ne prétendons pas, néanmoins, qu'en toute circonstance, on doive donner la préférence aux prairies sur les bois comme régulateurs du régime des eaux. Si la supériorité des premières est évidente, quand on envisage seulement l'obstacle opposé au ruissellement, en revanche elles sont

loin d'exercer, sur le régime général d'une contrée, les mêmes effets bienfaisants que les forêts. Quoi qu'on ait pu dire et écrire sur cette question, il est un fait de vulgaire expérience qui s'impose à tout esprit non prévenu : c'est l'impression de fraîcheur qu'on éprouve, en été, en pénétrant dans un district boisé; c'est, en même temps, la protection relative qu'on trouve sous bois contre le froid de l'hiver, lors même que les arbres ont perdu leurs feuilles. Dès lors, il est permis de considérer les forêts comme des régulateurs de température, adoucissant la rigueur de l'hiver en même temps qu'elles tempèrent les ardeurs de l'été. C'est déjà un bienfait considérable et pour lequel seul les forêts mériteraient, à coup sûr, que leur conservation fût regardée comme une nécessité publique; mais les cours d'eau ne peuvent manquer d'en ressentir le contre-coup; car tout ce qui entretient l'uniformité des conditions physiques dans un pays contribue, par cela même, à la stabilité du régime des eaux. Aussi, sans vouloir établir d'antagonisme entre les prés et les bois, nous dirons que ces deux modes de culture s'imposent dans les bassins imperméables comme les moyens les plus efficaces de remédier aux dangers du ruissellement et par conséquent à ceux des inondations. Quant à la préférence à donner à l'un ou à l'autre lorsqu'il s'agit de faire renaître une végétation permanente sur des versants actuellement dénudés, c'est affaire de circonstances, où l'on doit consulter surtout la nature particulière du sous-sol ainsi que les besoins locaux de l'agriculture. Il faut aussi tenir compte des raisons d'économie, qui conduiront bien souvent à préférer la pratique rapide et peu dispendieuse du gazonnement à celle du reboisement; car cette dernière exige de grands frais et ne produit de résultats appréciables qu'au bout de plusieurs années.

M. Belgrand indique également la vigne comme un excellent moyen de protection; il est très rare, paraît-il, que les vignes à flanc de côteau soient ravinées, surtout si l'on a soin d'y ménager, de distance en distance, des fossés d'assainissement destinés à arrêter les terres et les eaux. Mais la cul-

ture de la vigne est nécessairement restreinte à certaines conditions de température, d'exposition et de nature du sol. Elle est impossible sur le granite du plateau central de la France et on y peut encore moins songer dans les régions de hautes montagnes. Néanmoins elle peut intervenir avec utilité dans l'Auxois, pour améliorer le régime des affluents de l'Yonne, ainsi que dans la Limagne, où l'Allier coule trop souvent entre deux versants effroyablement ravinés.

En définitive. les divers moyens qui viennent d'être indiqués tendent tous à ce double but : fixer le sol et empêcher la concentration rapide des eaux de pluie; en fixant le sol, on met obstacle à son ravinement, c'est-à-dire à la création de ces multitudes de lignes de pente et d'érosion où les eaux des averses trouvent une voie d'écoulement facile et acquièrent une vitesse considérable; en même temps, on empêche le transport des matériaux solides, qui trop souvent, dans les pays dénudés, sont charriés en grande quantité par les pluies et viennent s'accumuler au débouché des rigoles en couvrant la végétation des fonds inférieurs. En interposant, par une végétation permanente, un milieu en quelque sorte spongieux entre le sol et l'eau des précipitations atmosphériques, on oblige cette dernière à s'écouler lentement, par une masse de filets à la fois sans direction et sans vitesse ; et, dans ce parcours, une partie de l'eau peut être absorbée par les herbes, tandis qu'une autre fraction est susceptible de retourner dans l'atmosphère par évaporation.

Ainsi, diminution de la vitesse et de la force vive des eaux, absence de matériaux solides charriés, réduction partielle de la masse d'eau arrivant aux thalwegs principaux, enfin retard dans la production des crues, tels sont les résultats qu'on peut attendre de l'emploi de ces moyens.

A cet égard, il importe de faire ici une remarque importante et qui prouvera à quel point tout ce qui touche au régime des eaux est d'une application délicate. *Il n'est pas toujours avantageux de retarder la crue d'une rivière.* Hâtons nous d'expliquer ce résultat, en apparence paradoxal.

Les crues d'un cours d'eau résultent, comme nous l'avons vu, d'un excès momentané des précipitations atmosphériques dans la région où ce cours d'eau s'alimente. Cet excès se faisant sentir à la fois, ou bien sur tout le bassin, comme c'est le cas pour la Seine, ou tout au moins sur une partie notable du bassin, quelques-uns, sinon tous, parmi les affluents du cours d'eau principal, doivent, comme lui, entrer en crue. Mais les eaux de pluie, tombées à peu près simultanément sur toute la surface affectée mettent, suivant les circonstances géographiques, des temps très différents pour s'écouler jusqu'à la mer. Ainsi, pour le bassin de la Seine, c'est l'Yonne qui entre en crue la première, parce qu'elle subit, plus que tout autre des affluents du fleuve, l'influence du massif imperméable du Morvan; par suite, la crue de l'Yonne passe, à Paris, quatre jours avant la crue propre de la Seine, dont les sources sont situées en terrain perméable. De même, les crues de la Loire passent, au Bec d'Allier, vingt-quatre heures avant celles de l'Allier : enfin les crues du Cher et de la Vienne précèdent toujours celles de la Loire aux environs de Tours. Dès lors, si l'on se hâtait d'appliquer au Morvan des moyens propres à retarder les crues de l'Yonne, sans faire la même chose pour le bassin de la Haute-Seine, il arriverait que les deux crues passeraient simultanément à Paris en y produisant une inondation désastreuse; de même, la rencontre de la crue du Cher et de celle de la Loire à Tours serait une véritable calamité. Ainsi, quelque recommandable que soit l'emploi de modes de culture capables de retarder les crues, on voit qu'il faut apporter dans leur application un discernement extrême. C'est un travail d'ensemble à faire, où les conditions physiques de chaque portion du bassin doivent être minutieusement étudiées, pour qu'on puisse appliquer avec ordre et méthode les remèdes indiqués par une telle analyse.

Jusqu'ici nous n'avons considéré que les mesures préventives propres à atténuer l'importance des inondations. De quelque succès qu'elles puissent être couronnées, il est bien

évident que ces mesures ne produiront jamais une très grande diminution dans la hauteur des eaux et que les larges vallées à fond plat auront toujours à compter avec les débordements. Existe-t-il au moins des moyens de s'en défendre et quelle en est la valeur ? C'est ce que nous avons maintenant à examiner.

Nous avons déjà dit par suite de quels phénomènes géologiques les vallées avaient toujours un fond plat de quelque importance, sur lequel elles coulaient à pleins bords pendant une partie de l'époque quaternaire, tandis qu'aujourd'hui elles ne le recouvrent plus que très momentanément et seulement lors des plus grandes crues.

Ce fond plat est de largeur très variable, suivant le régime ancien de la rivière et aussi suivant les conditions dans lesquelles s'est opéré le creusement de la vallée. Très large quand la rivière s'est ouvert un lit à travers des formations meubles et peu accidentées, il se rétrécit beaucoup lorsque le cours d'eau a dû se frayer un passage à travers une série de fentes dans un plateau d'altitude très supérieure à son niveau. Ce dernier cas est celui de la Seine entre Vernon et le Havre ; c'est aussi le cas du Rhin entre Bingen et Coblentz. Mais en dehors de cette circonstance, le régime actuel d'une rivière n'étant que l'écho affaibli de celui de l'époque quaternaire, le fond plat inondable est d'autant plus large que la rivière est sujette à de plus grandes variations.

Or ce fond plat, en raison même des alluvions limoneuses par lesquelles il a été maintes fois recouvert, est en général formé par des terres d'une fertilité extrême. L'agriculture ne pouvait donc se résigner à n'en point tirer parti ; aussi, dans toutes les vallées où la largeur de la bande submersible était trop grande pour être cultivée par les habitants de villages placés à l'abri des inondations, on s'est bravement établi dans ce qu'on appelle *le Val*, disputant ainsi à la rivière le terrain qui lui appartenait en propre bien qu'elle consentît à ne le réclamer qu'à de rares intervalles. Les besoins de la navigation, d'ailleurs, exigeaient aussi la création de quelques centres de population sur les rives mêmes du fleuve.

La population des vallées inondables augmentant peu à peu, le besoin s'est fait sentir de la protéger contre les retours périodiques des hautes eaux.

Il eût semblé logique de ne protéger que les lieux habités ; on voulut faire davantage et, par des digues longitudinales, on essaya de maintenir les cours d'eau dans des limites infranchissables. Tenant compte de la masse d'eau qui s'écoule dans les grandes crues, et ne pouvant d'ailleurs surélever les ouvrages au-delà d'un certain niveau, on chercha à faire aux inondations une part raisonnable, en limitant par des digues, non le lit habituel de la rivière, mais une bande s'étendant de part et d'autre, et dont on espérait que le cours d'eau voudrait bien se contenter. Telle est la marche qu'on a essayé de suivre, en France, pour la Loire ; mais l'exemple le plus remarquable dans ce genre est celui de la vallée de Pô, dans l'endiguement de laquelle les ingénieurs italiens ont déployé une science consommée.

A-t-on réussi à atteindre, par ce moyen, le but qu'on se proposait? Certainement non. D'une part, des digues suffisamment résistantes seraient tellement coûteuses, qu'on a rarement les moyens de les construire avec la solidité voulue. Pressée par les populations, l'administration en établit d'insuffisantes et la première crue violente a beau jeu pour y ouvrir des brèches; alors se produit un résultat beaucoup plus fâcheux que celui qu'on avait voulu éviter; au lieu d'une nappe d'eau animée d'une vitesse modérée, se répandant peu à peu sur une grande surface, on crée des torrents momentanés, qui se précipitent avec une grande violence en dehors des digues, enlevant sur leur passage la terre, les arbres et même les habitations. Bien plus, ces ruptures de digues sont quelquefois préparées de main d'homme. Ainsi, lors d'une grande inondation de la Loire, on a vu les populations d'une partie du Val, affolées de terreur, ouvrir des brèches dans les levées longitudinales, afin d'abaisser le niveau de la nappe qui les inondait, en l'obligeant à se répandre sur les fonds protégés.

Mais admettons même que les digues aient été construites avec tout le soin et toute la solidité nécessaires. Il ne suffit pas de les avoir établies une fois pour toutes; il faut encore, non seulement les entretenir, mais les *surélever* d'une façon permanente.

En effet, la rivière, dans ses crues, atteint des vitesses de deux mètres et plus par seconde; elle entraîne donc avec elle, non seulement de la vase et du limon, mais des sables et jusqu'à des graviers. Si on la laissait s'épancher librement sur le Val, elle déposerait les matières en suspension partout où un obstacle quelconque amortirait sa vitesse, le sable et les graviers sur les bords de l'eau courante, le limon au pied des versants qui arrêtent la nappe d'eau; ainsi peu à peu le sol du Val se colmaterait naturellement et, la végétation aidant, une partie notable du fond plat pourrait être bientôt soustraite au danger des débordements.

Au lieu de cela, en endiguant la rivière, on l'oblige à conserver sa vitesse et à ne déposer les matériaux chargés que sur son propre lit. Il en résulte une surélévation constante du lit du fleuve. Nulle part cette surélévation n'est mieux constatée que dans la vallée du Pô, où M. Dausse a fait voir qu'à Borgoforte, depuis la fin du XIVe siècle, le lit du fleuve s'était relevé de *cinq mètres et demi*. Naturellement la hauteur des grandes crues se relève en proportion; ainsi la plus grande hauteur d'eau de 1755, qui sert à régler la hauteur des digues, marquait à l'hydromètre $6^{m}48$; la crue du 23 octobre 1872 a monté au même hydromètre à $8^{m}56$ et si la digue droite n'avait pas été emportée une demi lieue en aval par cette crue, encore croissante, celle-ci eût atteint probablement $8^{m}85$, ce qui fait, en 117 ans, par suite du progrès de l'endiguement, une augmentation de $2^{m}37$ (1).

Ce n'est pas tout : à mesure que les digues se relèvent, le danger des ruptures augmente et chacune d'elles devient

(1) Dausse. — Note sur l'endiguement des rivières. *Bulletin de la Société géologique de France*, 3e série, III, 137.

plus désastreuse. En veut-on des preuves? Dans tout le cours du XVIIIe siècle, les ingénieurs lombards ont compté 41 ruptures; dans les 72 premières années de ce siècle, il y en a eu 119. Tandis qu'une crue, il y a soixante ans, occasionnait 4, 6, 8 ruptures au plus, celle de 1872 a ouvert 36 brèches.

De tels résultats ne devraient-ils pas dessiller les yeux les plus obstinés, en prouvant que l'entretien des digues longitudinales n'est rien autre chose qu'une lutte insensée, entreprise par l'homme contre une puissance naturelle toujours assurée, en fin de compte, de triompher de ses efforts?

Qu'on cherche à protéger, par un ensemble limité de travaux, un grand centre de population; qu'on fasse monter les quais d'une ville au-dessus du niveau des plus grandes eaux, et qu'on l'entoure en même temps d'une ceinture infranchissable, cela se comprend à merveille, et les intérêts qu'il s'agit de protéger justifient suffisamment cette dépense. Mais c'est folie de vouloir appliquer un tel système à une vallée tout entière; car, en vérité, ce qui, pour une ville, est un désastre, devient presque un bienfait pour la campagne. Sans doute une grande crue détruit parfois les récoltes; mais l'engrais qu'elle laisse en donne de surabondantes les années suivantes, et c'est aux populations à établir leurs demeures, comme faisaient les anciens Bataves, sur des tertres artificiels où les hommes et les bestiaux puissent trouver un abri momentané. Des assurances bien organisées, où la prime serait prélevée sur la plus value des bonnes années, feraient facilement face aux pertes éventuelles, avec une dépense infiniment moindre que celle des digues.

Malheureusement cette sorte de résignation a toujours été, pour l'humanité, d'une pratique difficile, et on ne voit guère que les Égyptiens qui aient eu la sagesse de tirer parti des forces de la nature au lieu de les combattre. Bien loin d'endiguer le Nil, ils ont vite compris quelle source de prospérité devait être pour eux le débordement annuel du fleuve, dans un pays où la terre cultivable est strictement

limitée à ce que le Nil peut inonder. La pente du Nil est tellement faible, qu'on ne peut songer à établir sur ses rives aucun canal de dérivation ; en effet, pour assurer la circulation des eaux dans un canal, il faut lui donner au moins une pente de un dix-millième ; or telle est, précisément, à peu de chose près, la pente moyenne du Nil entre les cataractes et son Delta. La vallée du Nil eût donc été privée de tout moyen d'irrigation et, par suite, de toute agriculture, sans ce gonflement annuel du fleuve que les habitants utilisent en retenant dans des canaux l'eau de la crue pour la forcer ensuite à s'écouler lentement, au gré des riverains, après avoir irrigué les plantations comprises entre le niveau normal du Nil et celui des hautes eaux.

Une telle disposition n'aurait pas sa raison d'être dans nos rivières européennes, où la pente permet toujours l'ouverture de rigoles latérales. Ce que nous devons retenir de l'exemple des Égyptiens, comme aussi de celui des anciens Bataves, c'est que les grands phénomènes de la nature ne doivent pas être attaqués de front ; il faut les accepter en se bornant à en profiter, quand la chose est possible. Or, dans nos pays, il y a lieu de distinguer, parmi les crues des rivières, celles qui sont ordinaires et fréquentes de celles qui, se reproduisant à de rares intervalles, atteignent une grande hauteur. Aux premières on peut, sans danger, opposer des digues latérales, à condition qu'elles ne dépassent pas le niveau des crues ordinaires ; de la sorte, si une inondation extraordinaire survient, elle débordera par dessus les digues sans y ouvrir de brèches, et déposera sur tout le val son limon fertilisateur, au grand avantage des récoltes futures. S'il a été pourvu, par des dispositions spéciales, à la sécurité des grands centres de population, le phénomène aura passé, sans produire autre chose que des ravages partiels, plus que compensés par la libre expansion d'une eau chargée de limon et de détritus organiques. Toute autre tentative est fatalement vouée à l'insuccès et, qui plus est, on ne ferait qu'exagérer par là les maux qu'on veut combat-

tre. Ces luttes audacieuses contre les grandes puissances de la nature méritent d'être rangées, suivant l'heureuse expression de M. Dausse, au nombre des conceptions *babéliques* où se révèle la folie de l'orgueil humain. Toujours le châtiment en est prochain et la Providence se plaît à rappeler aux hommes que, si Elle a fait le monde à leur usage, c'était pour en diriger les forces et non pour les dominer.

Parvenus au terme de cette étude, résumons en brièvement les traits généraux. Occasionées par l'excès des chutes de pluie, et par la nature imperméable du sous-sol, les grandes crues des rivières sont un fait normal, qui fait partie de leur régime, et qui, le plus souvent, n'acquiert un caractère désastreux que par suite des imprudences de l'humanité. Quand l'homme a pris possession de nos contrées d'Europe, de celles du midi de la France, par exemple, les torrents des Hautes Alpes avaient conquis un régime stable ; leurs pentes étaient couvertes de gazons épais ou d'une végétation touffue. Les populations ont détruit tout cela, saccageant les bois pour leurs usages, abandonnant les prairies à la dent des bestiaux et des moutons. Alors les torrents ont repris une activité nouvelle, et leur action est devenue désastreuse. De même l'excès du défrichement, dans les bassins moins accidentés, a favorisé partout le ruissellement en accroissant la mobilité du sol.

A ces maux le remède est tout trouvé : il faut replacer le sol dans des conditions analogues à celles où il se trouvait dans l'origine et, par un aménagement raisonné des cultures, combiné au besoin avec quelques travaux d'art, réduire à leur minimum les effets produits par la pente et par l'imperméabilité du sol. Mais c'est une œuvre de longue haleine et qui demande, nous l'avons dit, autant de science que de prudence. A une connaissance exacte de la nature du sol, on doit joindre des notions précises sur l'intensité et la distribution des précipitations atmosphériques durant une longue période d'années : il faut mesurer avec soin la portée et le débit des rivières et déterminer la part qui revient à chaque

affluent dans les crues du cours d'eau principal. Enfin, quand on aura fait tout cela, il faut encore savoir se résigner à certains débordements inévitables, oubliant le mal présent et immédiat pour entrevoir les avantages futurs par lesquels la nature tient à réparer elle-même ses ravages.

A ce prix, les inondations cesseront sans doute d'être considérées comme un fléau, ou du moins l'homme reconnaîtra que c'est lui qui leur avait imprimé ce caractère, en détruisant, sans règle et sans mesure, toutes les défenses dont la Providence avait eu soin de le pourvoir.

A. de Lapparent,

Professeur de géologie à l'Université catholique de Paris.

HISTOIRE

DE

LA DOCTRINE DE LA RESTITUTION.

Chacun a pu voir à l'exposition agricole de Bruxelles, en 1875, des plantes de grande culture forestière ou industrielle, dont les racines plongeaient dans des bocaux d'eau claire. Ces plantes végétaient et mûrissaient parfaitement, sans avoir jamais touché le sol; leurs graines avaient germé dans des appareils spéciaux, exposés sous les yeux des visiteurs, à la même vitrine. Ainsi l'on fournissait au public la preuve matérielle que la science a surpris les secrets de l'alimentation des végétaux et déterminé rigoureusement les éléments imperceptibles qui déterminent la richesse agricole du sol. — De superbes échantillons de races de chevaux et de bétail, améliorées par la sélection, prouvaient également que l'éleveur peut aujourd'hui, grâce aux données exactes que la science met à son service, développer à volonté certains organes et certaines fonctions en vue du perfectionnement de la locomotion et du travail, ou de la production de la viande, de la graisse, du lait, du beurre et de la laine.

Parmi les amateurs qui s'extasiaient devant ces produits vivants de l'industrie humaine, un bien petit nombre, sans doute, se rendait un compte exact des principes qui assurent aujourd'hui l'empire de l'homme dans le domaine de la vie, principes qui reposent sur les découvertes les plus mémorables de la chimie moderne, et dont l'acquisition a coûté à notre génération et à celle qui l'a précédée d'immenses recherches, fécondées par le génie de quelques hommes illustres.

Depuis cinquante ans, la chimie a découvert des harmonies merveilleuses entre les trois règnes de la nature, en décomposant la matière et en poursuivant ses molécules dans leurs incessantes transformations et migrations du minéral à la plante, de la plante à l'animal et de l'animal au sol. Circulation continue des atomes indestructibles, que la philosophie antique avait pressentie sans pouvoir jamais la démontrer, et dont il appartenait à notre siècle de déterminer les lois. D'innombrables et souvent obscurs travailleurs analysent patiemment aujourd'hui, sur presque tous les points du monde, les sols divers, les engrais, les aliments, les tissus, les sécrétions, les excrétions des plantes et des animaux.

Ils déterminent avec une exactitude rigoureuse les quantités respectives d'éléments minéraux et organiques qui constituent la terre, les organismes et leurs produits à tous les degrés de l'évolution vitale. Ainsi l'on est arrivé à asseoir sur des données positives et certaines la statique chimique de la vie, et à créer une science permettant de dresser le bilan de la nutrition. L'éleveur et le médecin peuvent calculer exactement les recettes et les dépenses de l'organisme; le cultivateur peut établir la balance exacte des profits et des pertes de son exploitation en éléments fertilisants qui constituent la richesse naturelle du sol, comme le filon constitue la richesse de la mine.

La science peut dire à ce dernier, par exemple, combien chaque espèce de récolte enlève au sol de tel ou tel principe

minéral ou organique ; combien un bétail à l'engrais ou une vache laitière enlève de chacun de ces principes à sa prairie pour produire la viande, le lait, le beurre et le fromage qu'il exporte au marché; quels sont les principes nutritifs contenus dans chaque aliment, dans quel rapport ils sont unis et quel est le rôle qu'ils jouent dans la nutrition; combien la plante emprunte à l'air de principes fertilisants au moyen de ses feuilles; combien le bétail restitue, sous forme de fumier, de principes fertilisants à la terre, et par suite quelle quantité de chaque élément il importe de rendre au sol pour achever la restitution de ce qu'on lui a pris.

La science nous révèle encore qu'il est certaines cultures dont il est permis d'exporter les produits sans appauvrir la terre, parce que les principes contenus dans la partie de la récolte exportée ne viennent pas du sol, mais de l'air.

Ainsi la production et la vente du sucre et de l'alcool n'entraîneraient pas de déficit pour la terre, si tous les déchets de la fabrication lui étaient scrupuleusement restitués, et cela, parce que l'alcool et le sucre ne contiennent pas les principes fertilisants du sol, mais sont élaborés par la plante aux dépens de l'acide carbonique de l'air.

Il en est de même pour le beurre qui ne contient, comme le sucre, que des principes hydrocarbonés empruntés à l'atmosphère.

Non seulement la chimie nous apprend à entretenir indéfiniment la fertilité de nos champs, par une restitution économique et raisonnée, mais elle nous permet aussi de nous rendre un compte exact de la valeur alimentaire des fourrages et, par conséquent, de composer et de varier avec discernement et économie les rations de tous les animaux de la ferme. Elle nous apprend, par exemple, que les principes alimentaires, *albumine, graisse*, *amidon* et *sucre*, existent en plus grande quantité et dans des rapports plus favorables à l'assimilation dans telle ou telle plante, à tel ou tel degré de la végétation, et préparés de telle ou telle façon.

Bref, la chimie, en révélant à l'agriculteur la composition

et la variation des matériaux du sol, de la plante et de l'animal, de l'aliment et de l'engrais, lui apprend à ne plus rien faire en aveugle, à ne plus rien laisser au hasard et à utiliser, au moins de frais possible, tous les éléments de richesse qui sont à sa portée; éléments dont l'empirisme de ses ancêtres n'utilisait qu'une partie, en gaspillant aveuglément le reste, et en détruisant, malgré la jachère, aujourd'hui supprimée, la fécondité du sol.

Ces découvertes fécondes sont des conquêtes de notre temps. Les lois de la nutrition et de la restitution étaient une lettre morte pour nos pères; ils connaissaient à peine le nom des savants obscurs qui se préparaient à les révéler.

Vu l'immense portée de ces découvertes, nous avons cru qu'il ne serait pas sans intérêt de récapituler succintement les travaux et les expériences, d'où sont issues les données positives de la science agronomique et de l'hygiène moderne.

Vers la fin du XVIe siècle, vivait à Bruxelles un médecin de la famille des comtes de Mérode, resté célèbre par ses doctrines et ses excentricités philosophiques. Frappé des contradictions que présentaient les théories régnantes sur les phénomènes physiques de la vie, Van Helmont abandonna les conceptions *à priori* pour interroger la nature par lui-même. Abordant la vie sous sa forme la plus élémentaire, la végétation, il essaya de remonter à la source de la nutrition des plantes et, dans ce but, il introduisit dans l'étude des phénomènes de la vie, la balance et le calcul.

Ces expériences, sur lesquelles un savant français, dont la science pleure la perte récente, Claude Bernard, a rappelé l'attention publique, peuvent être considérées comme le point de départ de la physiologie, voire même de la physique moderne, car Van Helmont porta le premier coup à la doctrine des quatre éléments. Cette doctrine, passée à l'état de dogme dans la science d'alors, enseignait, chacun le sait, que l'eau, l'air, la terre et le feu forment par leurs combinaisons diverses tous les corps de la nature et peuvent s'engendrer les uns les autres.

Van Helmont nia la nature élémentaire du feu, la transformation de l'eau en air et distingua nettement plusieurs gaz de l'air, avec lequel ils étaient confondus jusqu'alors.

Quand on approche une flamme de la fumée qui s'échappe d'une chandelle récemment éteinte, elle se rallume aussitôt. Van Helmont tira de cette expérience si simple, la conclusion mémorable que le feu n'est pas un élément, mais simplement une fumée allumée, autrement dit, un gaz qui brûle.

Aristote enseignait que l'eau qui se volatilise change de nature et se transforme en air, et réciproquement que l'air se transforme en eau.

L'air, dit Van Helmont, ne peut être liquéfié ni par le froid ni par la compression. L'eau ne peut se réduire qu'en vapeur, et la vapeur n'est que de l'eau dont les atomes sont raréfiés et se condensent par le froid pour reprendre leur état primitif. La distillation de l'eau, dont il pèse le produit, lui prouve que l'eau ne change pas de nature quand elle se vaporise.

Van Helmont reconnut aussi qu'un corps qui se dissout ne se transforme pas en eau et ne change pas de nature, pas plus qu'un corps dissous qui se précipite d'une liqueur, en retournant à l'état solide.

C'est en étudiant la combustion et la fermentation, phénomènes absolument inexplicables à son époque, que Van Helmont réalisa sa plus mémorable découverte, c'est-à-dire qu'il distingua l'acide carbonique et d'autres gaz de l'air. Un jour, il brûla à l'air libre 62 livres de charbon de chêne, et ne trouva comme résidu qu'une livre de cendres environ, d'où il conclut que le reste s'était changé en air, non pas en air respirable, mais en un air particulier qu'il appela gaz, esprit sylvestre (esprit de bois); ce gaz, dit-il, est le même qui se dégage des cuves de fermentation et qui fait pétiller les vins mousseux, il éteint des chandelles et trouble l'eau de chaux. Or, ce sont là les propriétés caractéristiques de l'*acide carbonique*, qui est, nous le verrons bientôt, l'*aliment principal des végétaux*.

Mais Van Helmont ne parvint pas à découvrir ce rôle essentiel du gaz qu'il avait distingué de l'air.

Pour découvrir la source où s'alimentent les végétaux, l'ingénieux expérimentateur coupa une branche de saule et la pesa, puis il la planta dans un vase contenant 200 livres de terre, soigneusement desséchée et recouverte, et arrosa régulièrement cette terre avec de l'eau distillée. Au bout de cinq ans, il arracha la branche qui était devenue un arbre et la pesa de nouveau, après lui avoir enlevé ses feuilles. La branche avait produit 164 livres de bois, et, chose étonnante, le poids de la terre n'avait diminué que de deux onces. D'où venaient donc les éléments de ce bois? Van Helmont supposa qu'ils venaient de l'eau. Pour s'en assurer, il fit une deuxième expérience et distilla, dans une cornue, un morceau de bois. Le produit de la distillation fut un liquide blanc comme de l'eau. Dominé, malgré lui, par les idées d'Aristote, et ne possédant pas d'ailleurs les réactifs dont la chimie moderne dispose, Van Helmont se confirma dans son erreur, et crut pouvoir enseigner, en dépit de sa première expérience, qui lui montrait clairement la transformation du bois en acide carbonique, que l'eau est l'aliment du végétal; preuve éclatante de l'empire tyrannique d'une idée préconçue sur les intelligences les plus hardies.

Néanmoins, comme l'a fait observer fort justement M. Melsens, la méthode de Van Helmont est celle que l'on suit aujourd'hui et Van Helmont eut la gloire incontestable d'avoir, le premier, introduit la balance dans l'étude de la physiologie. L'expérience du saule, pour étudier la formation de la matière végétale, restera comme le modèle et le type des recherches si fécondes en découvertes des stations agricoles modernes.

La découverte de l'acide carbonique fut le point de départ de la connaissance des gaz, qui jouent un si grand rôle dans les phénomènes de la chimie organique, et par conséquent de la vie.

L'étude des propriétés du gaz acide carbonique avait fait

soupçonner à Van Helmont l'analogie qui existe entre la respiration et la combustion, entre un animal qui respire et un corps qui brûle; il avait même réalisé l'expérience qui mit les Anglais sur la voie de la théorie de la combustion, en introduisant une bougie allumée sous une cloche plongeant dans un bassin d'eau. Il vit l'eau monter dans la cloche à mesure que la combustion diminuait le volume de l'air, mais les idées d'Aristote sur le vide l'empêchèrent de comprendre ce qu'il voyait.

Un siècle plus tard, Hales avait trouvé le moyen d'emprisonner les gaz que Van Helmont qualifiait de sauvages (sylvestres) parce qu'il ne parvenait pas à les isoler et à les recueillir sous des vaisseaux. Hales qui s'illustra par ses recherches sur l'évaporation et la circulation de la sève, ne songea pas à distinguer de l'air les gaz qu'il recueillait. Enfin Priestley, savant chimiste anglais, parvint à isoler les « différentes espèces d'air », et pour comparer la combustion et la respiration il imagina de placer sous des cloches séparées des oiseaux, des souris et des chandelles allumées. Au bout de peu de temps, les animaux mouraient et les chandelles s'éteignaient : l'analyse de l'air lui révélait, dans les deux cas, la transformation de l'air en acide carbonique (air fixe, esprit sylvestre (1774).

Alors il s'avisa de placer un végétal sous les cloches remplies d'acide carbonique. Quel ne fut pas son étonnement de constater, au bout de quelque temps, la régénération de l'air vicié par les animaux et par le feu. Après le séjour de la plante, les oiseaux respiraient et les chandelles brûlaient de nouveau sous la cloche. C'est ainsi que Priestley découvrit l'une des harmonies naturelles les plus merveilleuses : l'antagonisme entre le règne végétal et le règne animal qui, par un travail incessant de combinaisons et de décompositions, contribue à maintenir l'équilibre de la vie.

Mais en arrachant ce secret à la nature, Priestley ne trouva point l'explication de la nutrition végétale, pas plus qu'en découvrant l'oxygène et l'azote, il n'entrevit la théorie de la combustion.

L'esprit dominé par une théorie préconçue, il confondit l'oxygène, qu'il avait isolé du minium par l'étincelle électrique, avec l'acide carbonique. Il ne sut pas reconnaître l'azote dans le gaz inerte qui reste, lorsque l'on enlève l'oxygène de l'air en brûlant du charbon sous une cloche. S'il avait employé ses deux réactifs ordinaires, la souris et la bougie, il aurait infailliblement découvert le vrai rôle de l'oxygène dans la combustion, et la respiration. Il était réservé à Lavoisier de créer la chimie moderne, en formulant la théorie de la combustion et de révéler la loi fondamentale de la circulation de la matière, en déterminant la composition élémentaire et les causes de la décomposition des corps vivants.

Avant Lavoisier, on croyait généralement, comme le vulgaire le croit encore, qu'un corps qui brûle se détruit en tout ou en partie. Le grand chimiste prouva, la balance à la main, que la matière est indestructible par le feu, puisque les corps augmentent de poids quand on les brûle. Le charbon qui brûle s'unit tout simplement au gaz oxygène de l'air, pour former avec lui un gaz nouveau qui n'est autre chose que l'*acide carbonique*, l'esprit sylvestre de Van Helmont. L'homme, l'animal ou le végétal qui respirent, les machines qui tirent la chaleur, la lumière et le mouvement de la houille, opèrent toutes le même travail, c'est-à-dire, unissent incessamment le charbon au gaz comburant de l'air. Les atomes du charbon, consumés en apparence, sont transformés en un corps gazeux, irrespirable et incombustible, mais où se retrouve intégralement tout le charbon disparu.

Dès lors, il devint facile de se rendre compte de la fonction essentielle du végétal. La plante est une machine destinée à capturer dans l'atmosphère les atomes de charbon, pour en faire les matériaux de sa propre substance et rendre la liberté au principe comburant et vivifiant de l'air. Elle défait, en d'autres termes, le travail du feu, et, grâce à elle, le charbon, comme le phénix de la fable, renaît indéfiniment de ses cendres.

A la lumière de ces découvertes, Senebier expliqua, quelques années plus tard, comment les feuilles décomposent l'acide carbonique au soleil, en s'assimilant le carbone et en rejetant incessamment l'oxygène. Lorsque les feuilles fraîches sont introduites sous une cloche remplie d'eau chargée d'acide carbonique, elles dégagent, sous l'action des rayons du soleil de petites bulles qui se rassemblent au sommet de la cloche. Cette expérience, réalisée pour la première fois, par le naturaliste Bonnet, en 1750, fut reprise par Ingenhousz, en 1787. Celui-ci constata, en adaptant un tube de dégagement au sommet de la cloche pour recueillir les gaz, que ces bulles étaient formées tantôt d'oxygène, tantôt d'acide carbonique, suivant que l'on expérimentait à l'ombre ou au soleil.

Enfin Théodore de Saussure calcula le rapport de l'oxygène exhalé avec l'acide carbonique absorbé, et reconnut que les parties vertes des végétaux jouissaient seules de la faculté de décomposer l'acide carbonique au soleil et de fixer le carbone.

La loi de la conservation de la matière se trouvait donc démontrée peu après la découverte *des échanges gazeux* entre les deux règnes. — Van Helmont avait nié la nature élémentaire du feu. Lavoisier trouvait à son tour que l'air lui-même n'est pas un élément, mais un mélange d'esprit vital avec un autre gaz, l'azote, corps inerte, irrespirable, qui modère l'action dévorante du premier. D'autre part, des chimistes anglais avaient observé depuis longtemps (1) que lorsqu'on verse du vitriol sur du zinc, il se dégage un gaz, qui brûle sans donner de fumée. Macquer constata en 1777

(1) Robert Boyle prépara le premier de l'hydrogène, mais il le confondit avec l'air. Toutefois, l'illustre fondateur de la Société Royale de Londres révoqua en doute la nature élémentaire de l'eau, et fut bien près de découvrir la composition de l'air par ses ingénieuses expériences. Il rectifia plusieurs erreurs de Van Helmont sur la combustion, la distillation, la fermentation et la respiration. On peut le considérer comme le véritable précurseur de la chimie moderne. (Voir Hoefer, Histoire de la chimie.)

que ce gaz engendre de l'eau en brûlant. Les anciens n'auraient pas manqué de voir là un argument de plus en faveur de la doctrine des quatre éléments, de la transformation du feu en eau. Pour Lavoisier, cette découverte fut une révélation. Puisque l'oxigène de l'air produit la combustion en s'unissant aux corps inflammables, il était permis de conclure *à priori* que l'eau n'est autre chose qu'une combinaison d'air vital et de gaz inflammable, c'est-à-dire, d'oxygène et d'hydrogène. Il le démontra bientôt par une expérience inverse, qui consiste à décomposer l'eau en ses deux éléments, en la faisant passer sur du fer incandescent. Ce fut le dernier coup porté à la doctrine d'Aristote.

L'eau, l'air et le feu n'étaient donc pas des éléments, et l'analyse des terres ne tarda pas à prouver que le sol lui-même est composé d'une foule de métaux, corps simples, dévorés le plus souvent par l'oxygène et combinés avec lui, comme le carbone dans l'acide carbonique.

Quelle ne fut pas la surprise de Lavoisier quand, armé de sa théorie, il procéda à l'analyse des organes des corps vivants. Tous les tissus des plantes et des animaux avaient pour base le charbon, combiné avec les trois gaz dont nous venons de parler, l'hydrogène ou gaz de l'eau, l'azote et l'oxygène, qui sont mélangés dans l'air. Quatre éléments, dont trois gazeux, constituent donc, par leurs groupements divers, les innombrables produits des deux règnes, et les tissus des animaux ne diffèrent de ceux des plantes que par une plus grande quantité d'azote. La théorie générale de l'organisation était créée. La vie dans les deux règnes consiste dans une variation perpétuelle de proportion et de groupement entre trois ou quatre substances. Les contemporains et les successeurs immédiats de Lavoisier constatèrent, il est vrai, que certains éléments minéraux existent à dose presqu'infinitésimale dans les tissus, et sont indispensables à leur développement.

Fourcroy, Vauquelin, Thénard, Berthollet soumirent à l'analyse tous les produits de l'organisme. Scheele avait

découvert le phosphate de chaux dans les os ; ils trouvèrent le fer et la soude dans le sang ; le phosphore, le soufre et la potasse dans les nerfs et dans les muscles. Mais, de même que le charbon, tous ces éléments ne quittent l'organisme que plus ou moins complétement brûlés, c'est-à-dire unis au gaz oxygène ; c'est ainsi qu'ils retrouvèrent dans les urines, le soufre brûlé à l'état d'acide sulfurique , le phosphore à l'état d'acide phosphorique, et l'azote à l'état d'acide urique et d'urée; car l'une des propriétés caractéristiques de l'oxygène est de former des acides en brûlant un certain nombre de corps. Ces acides peuvent être solides, liquides ou gazeux : ainsi l'acide phosphorique est solide, l'acide sulfurique est liquide, l'acide carbonique est gazeux.

La théorie de Lavoisier, qui assimilait la vie animale à une combustion, se trouvait donc complétement justifiée par l'expérience. Tous les tissus se consument lentement et leur combustion engendre la chaleur et le mouvement.

Les chimistes français passèrent successivement sous les drapeaux du fondateur de la chimie moderne, et contribuèrent, par leurs découvertes autant que par leur enseignement, à donner à cette science nouvelle le nom de chimie française ; c'est à tort que les Allemands disputent aujourd'hui ce titre à la France, quels que soient, d'ailleurs, les progrès qu'ils ont imprimés depuis à la science.

On avait cru d'abord que la vie végétale obéit à d'autres lois, puisque la plante décompose l'acide carbonique au lieu de l'engendrer; mais on constata bientôt que cette propriété d'isoler le carbone est particulière aux cellules vertes seulement, et que le végétal respire et se consume jour et nuit à la façon des animaux. Théodore de Saussure reconnut même qu'une graine qui germe sous une cloche vicie l'air comme une bougie et comme un oiseau, et que le volume de l'acide carbonique produit égale celui de l'oxygène disparu.

Des essais très concluants en apparence avaient fait croire aussi que les végétaux n'ont besoin que d'eau et d'acide carbonique pour se nourrir, et peuvent se passer des éléments minéraux qui rentrent dans la constitution des animaux.

Ainsi s'explique comment le grand Cuvier a pu se faire l'écho de cette erreur si préjudiciable à l'agriculture. « Les terreaux et les fumiers, écrivait-il, en 1808, dans son rapport adressé à l'empereur sur les progrès des sciences naturelles, sont plus ou moins utiles aux plantes, mais non pas nécessaires. Les expériences de MM. Senebier, Th. de Saussure et Crell le mettent hors de doute. Ils ont élevé des plantes dans du sable, avec de l'eau pure et de l'air atmosphérique. M. Crell a fait porter graines aux siennes.

» Crell et Braconnot assurent aussi qu'ils ont fait croître des plantes sans leur fournir la moindre parcelle d'acide carbonique ; elles composeraient donc le carbone de toutes pièces. »

Ce sont là de grosses erreurs qui font parfaitement ressortir les tâtonnements et l'impuissance des plus grands génies, aux prises avec cette grande inconnue qui s'appelle la nature.

Cependant, dès la première moitié du XVIe siècle, Bernard Palissy, l'humble « ouvrier de terre et inventeur des rustiques figulines, » avait jeté les bases de la véritable théorie des engrais, que l'on appelle aujourd'hui la doctrine de la *restitution*. Il avait reconnu par d'ingénieuses observations, que l'activité de la végétation est subordonnée à la quantité de sels inorganiques fournis au sol par les fumiers.

« Les fumiers et les pailles ne serviraient de rien, écrivait-il, si ce n'étaient les sels que les pailles et les foins y laissent en pourrissant. Par quoi, ceux qui laissent leurs fumiers à la merci des pluies, sont mauvais ménagers et n'ont guère de philosophie : car les pluies emmènent avec elles le sel du dit fumier, qui se sera dissous à l'humidité, et, par ce moyen, il ne servira plus de rien, étant porté aux champs. Le blé est plus beau et plus vert, là où les piles de fumier ont reposé d'abord, quand bien même le laboureur en espandant le fumier parmi le champ, n'ait rien laissé à l'endroit des dites piles. Et cela advient parce que les pluies, en passant au travers des pilots, ont pris le sel en descendant

en terre. Par là tu peux connaître que ce n'est pas le fumier qui est cause de la génération, mais le sel que les semences avaient pris à la terre. Je ne parle pas d'un sel seulement, mais je parle des sels végétatifs ; si quelqu'un sème un champ pour plusieurs années sans le fumer, les semences tireront le sel de la terre et celle-ci ne pourra bientôt plus produire. »

Ce remarquable passage, aussi peu connu des agronomes que de Cuvier, établit, sur l'observation, le véritable point de départ de la théorie de la nutrition minérale des plantes. Néanmoins l'on continua à croire longtemps après, qu'il existait, dans le sol et dans les graines, des forces occultes qui produisent les fruits de la terre, et que, malgré le fumier, ces forces s'épuiseraient périodiquement, comme celles de l'homme et des animaux, si la jachère ne venait réparer à temps l'épuisement.

Après les découvertes du XVIIIe siècle, et les recherches de Théodore de Saussure, on s'imagina que la force du sol résidait dans l'humus, malgré les observations contradictoires signalées par Cuvier. Cette opinion s'enracina profondément dans l'esprit des savants et des agronomes jusqu'en 1840, époque où Liebig publia son ouvrage mémorable sur la chimie organique appliquée à l'agriculture et démontra, par des expériences rigoureuses, la théorie minérale de la nutrition des végétaux.

Il est bien intéressant de relire les œuvres des naturalistes les plus célèbres qui écrivirent avant cette date, sur le rôle des principes minéraux dans la plante. Théodore de Saussure, entre autres, approcha beaucoup de la vérité par ses analyses des cendres des végétaux ; mais, par une circonstance malheureuse, il n'opéra que sur des plantes ligneuses, dans lesquelles, contrairement à ce qui a lieu dans les plantes cultivées, les proportions de sels minéraux varient avec la nature du sol.

« Les végétaux, dit-il, ne contiennent de principes minéraux que ceux qu'ils tirent du dehors au moyen de leurs

racines, jouissant de la faculté d'extraire les sels solubles des solutions salines. Ces éléments proviennent de la désagrégation des roches granitiques qui forment l'écorce du globe et contiennent du feldspath, de la potasse, de la chaux, etc. » Voilà l'origine de la terre arable nettement déterminée. « Le phosphate de chaux, continue-t-il, existe dans la cendre de tous les végétaux que j'ai analysés, et nous n'avons pas de raison de prétendre que la plante puisse exister sans lui. »

En insistant sur ce fait que les végétaux puisent leur carbone, comme leurs matériaux inorganiques, à des sources extérieures, Saussure fit ressortir l'inanité de la doctrine vitaliste qui attribuait aux corps vivants la faculté de fabriquer eux-mêmes la matière de leurs tissus. Les savants commencèrent, dès lors, à se faire une idée plus juste de la vie matérielle qui consiste dans une rénovation moléculaire incessante, une circulation continue de matière et de forces indestructibles que la plante emprunte au règne minéral et que l'animal restitue à celui-ci.

M. Dumas a produit, en 1860, devant l'Académie des Sciences, un manuscrit de Lavoisier, où ce grand homme trace à la lumière de ses propres découvertes, le programme complet des travaux modernes sur la statique chimique des êtres vivants. Nous y reviendrons bientôt.

On comprend difficilement comment Théodore de Saussure, en possession de données expérimentales si claires, en soit arrivé à conclure qu'à l'inverse des plantes sauvages, les plantes cultivées absorbent surtout leur carbone par les racines à l'état de matière organisée, et que, par conséquent, ce sont les extraits végétaux et animaux qui déterminent la richesse du sol en agriculture; donc, l'humus seul partagerait avec l'air et l'eau, la fonction d'alimenter la plante. Cette doctrine s'enracina si fort qu'en 1839, Berzelius soutenait encore que le sol n'exerce qu'une action mécanique sur la plante et que les sels alcalins des cendres ne contribuent qu'à accélérer la transformation des matières végétales en humus. Ce fut aussi l'opinion des plus célèbres agronomes de l'époque

tels que Thaer et Mathieu de Dombasle qui firent de l'humus l'étalon destiné à mesurer la fécondité de la terre.

M. Boussingault fit un pas de plus. Il distingua l'élément à la présence duquel les matières organiques doivent leur principale richesse alimentaire, l'*azote*, qui s'en dégage sous forme d'ammoniaque lorsqu'on traite l'humus et le fumier par les alcalis. Nous allons voir comment la nécessité de restituer cet élément vital au sol arable, échappa constamment à Liebig, l'illustre fondateur de la théorie de la nutrition minérale, qui sut déterminer si bien le rôle capital des autres éléments minéraux en agriculture.

Liebig constate lui-même qu'il fut conduit à sa découverte par le raisonnement.

Puisque le phosphore et la chaux, dit-il, sont nécessaires à la formation du cerveau et des os, que le fer et les alcalis sont nécessaires à la production du sang et des muscles, j'en conclus qu'ils devaient être également nécessaires à l'organisme végétal, car si leur présence n'y était qu'accidentelle, toute variation mettrait la vie des animaux en péril.

La composition des cendres de graines et de fourrages est très constante, et les modifications se maintiennent dans des limites très étroites. L'acide phosphorique, la potasse, la chaux et la magnésie se trouvent dans un rapport déterminé dans chaque espèce de plantes.

Liebig combattit aussi par ses expériences la doctrine erronée de Saussure sur l'assimilation des matières organiques par les racines, et démontra que les plantes cultivées comme les autres, tirent directement leur carbone de l'air. Pour le prouver, il suffisait d'ailleurs de répéter sur ces plantes la célèbre expérience du saule de Van Helmont. Liebig en conclut que les principes inorganiques de l'air et du sol sont la source unique de l'alimentation des végétaux ; en d'autres termes, que la fonction de la plante est d'organiser la matière minérale.

Ce fut, nous l'avons dit, l'une des plus grandes et des plus fécondes découvertes des temps modernes, car elle devait

entraîner immédiatement une révolution totale de l'agriculture qui aboutit à la substitution de la science à l'empirisme.

Désormais l'agronome allait pouvoir cultiver, en connaissance de cause, et comprendre le pourquoi des opérations si variées de la culture, qu'il accomplissait aveuglément en vertu de l'expérience acquise par ses ancêtres. Il allait pouvoir se rendre un compte exact des causes d'épuisement du sol et des moyens de lui rendre sa fécondité. Liebig entrevit tout de suite l'immense portée de sa découverte au point de vue de l'économie sociale.

« Chaque page de l'histoire, dit-il, nous montre l'homme abreuvant la terre de flots de sang, faute d'avoir su lui conserver sa fécondité. Quand le sol natal s'épuise, la nation dégénère, émigre ou périt. Il n'y a pas de loi naturelle qui soigne pour l'homme. La loi est à son service, et le serviteur sert son maître, mais il ne pourvoit pas à ses besoins. Le Créateur, dans sa bonté infinie, a inscrit les préceptes que l'homme doit suivre dans le grand livre de la nature. Il lui a donné la raison et l'a ainsi doté de la faculté de lire son livre et de comprendre l'ordre divin qu'il a établi dans le monde. »

Nous connaissons maintenant les éléments nécessaires à la conservation et à la multiplication de l'espèce humaine. Ces éléments se trouvent dans le sol en faible quantité et nous savons que la provision ne suffira que pour un temps très restreint. La multiplication dans toutes les espèces animales ne peut se faire que proportionnellement aux moyens de subsistance. L'économie politique établit la même loi pour l'espèce humaine, en déclarant que le nombre des naissances et des mariages est en rapport avec le prix des grains. Vérité brutale que M. G. Ville a formulée depuis en deux mots : *produire de l'engrais, c'est produire du blé; produire du blé, c'est produire des hommes.*

Longtemps avant Liebig et sous l'impulsion des recherches de M. Lawes, on avait empiriquement constaté en Angleterre l'influence fertilisante des os, qui sont formés de

phosphate de chaux. Des navires allaient chercher des cargaisons dans tous les pays de l'Europe, et en 1822 l'Angleterre tira de l'Allemagne plus de 30 millions de kilogrammes d'ossements recueillis sur les champs de bataille des guerres de Napoléon. Plus récemment encore le *Times* demandait compte très sérieusement au commerce anglais de l'origine d'un chargement de 230 tonneaux d'os arrivant de Sébastopol; voilà ce que deviennent les cendres des héros. Cet industrialisme honteux a même excité la verve lyrique de quelques matérialistes, enthousiastes fanatiques de la doctrine de la restitution, qui voient dans cette utilisation des morts un moyen sûr d'appeler de nouveaux hommes à la vie.

Liebig consacra les premières années qui suivirent sa grande découverte à composer un engrais insoluble, craignant, dit-il, que les alcalis confiés à la terre ne fussent entraînés par les eaux pluviales ; mais cet engrais demeura sans effet, tandis qu'en Angleterre son rival, le chimiste Lawes, obtenait des résultats merveilleux en restituant au sol des sels de potasse et d'ammoniaque, et des phosphates rendus solubles par les acides. « Enfin, dit Liebig, je découvris la cause de mon erreur, j'avais manqué de foi en la sagesse du Créateur; dans mon aveuglement je m'étais imaginé que, dans la chaîne admirable des lois qui entretiennent et renouvellent incessamment la vie à la surface du globe, un anneau avait été oublié. Le grand Architecte, afin que rien ne se perde, a pourvu les débris de la croûte terrestre de la faculté d'attirer et de retenir tous les éléments minéraux ou gazeux qui sont nécessaires à l'alimentation des plantes et des animaux. Comme corollaire de cette loi, la terre devient un immense appareil de purification pour les eaux, retient les matières susceptibles de nuire à la santé de l'homme et des animaux, et s'empare de tous les produits de la décomposition et de la putréfaction des êtres qui périssent à sa surface ou dans son sein. »

« L'air et la pluie, ajoute Liebig, fournissent annuellement au sol plus de nourriture azotée que les plantes n'en

réclament. » Il en conclut qu'il est inutile de restituer au sol l'azote enlevé par les récoltes, contrairement aux conclusions de MM. Lawes et Gilbert qui s'affranchissaient, par cette restitution, des lois de l'assolement et obtenaient ainsi, plusieurs années de suite, du blé superbe sur un même sol.

De son côté, M. Boussingault se livrait, dans sa ferme de Beschelbronn à des expériences précises qui l'amenèrent à reconnaître, par l'analyse chimique, la nécessité de la restitution de l'azote. Avant la découverte de Liebig, il proclamait déjà l'action prépondérante de l'azote dans le fumier, allant jusqu'à prétendre que la valeur fertilisante de l'engrais se mesure par la quantité d'azote qu'il contient. Il suffit, d'après lui, de comparer l'action du fumier et de ses cendres pour constater que le produit du fumier est à celui des cendres comme 7 est à 2. Contrairement à Liebig qui niait la *culture améliorante*, parce que toutes les plantes enlèvent certains éléments au sol, M. Boussingault constate qu'il existe des plantes, comme les légumineuses, qui rendent le sol plus fertile pour une autre récolte en accumulant l'azote dans leurs résidus.

Liebig se bornait, pour établir sa doctrine, à signaler les rapports constants qui existent entre les éléments minéraux dans les cendres des plantes. M. Boussingault ne se contenta pas de ces analyses. Il fit des expériences directes en cultivant des plantes dans la ponce et dans le verre pilé, c'est-à-dire en reprenant les expériences ingénieuses instituées par Crell et Braconnot au commencement du siècle. Ces expériences avaient prouvé dès lors qu'on peut produire une plante sans humus ni fumier. Mais on en avait conclu à tort que les végétaux peuvent se passer aussi d'éléments minéraux, et vivre exclusivement d'air et d'acide carbonique. C'est ainsi que l'on avait conclu des expériences de Vauquelin, de Thénard et d'autres chimistes, que l'organisme animal peut créer la chaux et l'azote de toutes pièces, parce que ces savants avaient constanté la présence de ces deux principes dans les excréments d'animaux dont les aliments ne parais-

saient contenir ni chaux ni azote. A ce faux point de vue, l'animal devenait une source d'azote chargée de restituer constamment cet élément à l'atmosphère. M. Boussingault analysa patiemment tous les aliments pour déterminer leur teneur en azote, et montra, par des expériences directes sur le cheval et la vache, non seulement que l'organisme ne fabrique pas l'azote de toutes pièces, ce que Magendie avait prouvé déjà en expérimentant sur des chiens, mais qu'il n'absorbe pas même l'azote gazeux contenu dans l'air qu'il respire. L'azote fixé par l'animal est exclusivement emprunté à ses aliments; par conséquent on peut estimer la valeur nutritive des aliments et des fourrages d'après leur teneur en azote.

En dressant sur ces données les premières tables d'équivalence des aliments et des fourrages, en déterminant le rapport qui existe entre l'azote de la ration et celui des excréments, M. Boussingault appliqua à la nutrition les principes de statique chimique que Lavoisier avait appliqués à la respiration. En effet, en 1789, ce dernier avait dosé directement les gaz absorbés et éliminés par l'organisme, et constaté que la consommation d'oxygène et la chaleur produite s'élevaient proportionnellement à l'augmentation de la combustion organique et du travail musculaire. Il s'était arrêté là, en traçant nettement le programme des travaux qui restaient à accomplir pour embrasser la statique chimique de la vie. M. Boussingault montra à son tour comment se comporte la balance entre l'absorption et la production chez les animaux domestiques ; et ses recherches, de l'aveu même des Allemands, conservent encore aujourd'hui toute leur valeur.

On ne peut le méconnaître, c'est sur ces fondements solides, posés par les deux illustres Français, que reposent toutes les recherches et toutes les merveilleuses découvertes, réalisées depuis en Allemagne, sur les lois de la production animale, par Pettenkoffer, Voit, Bischoff, Wolf, etc. Cependant à peine la *Statique chimique des êtres organisés* de

MM. Dumas et Boussingault eut-elle paru (1841), Liebig fit paraître à son tour (1843) son fameux livre intitulé : *La chimie animale ou organique dans ses rapports avec la physiologie et la pathologie.*

Cet ouvrage fit époque dans la science, moins peut-être par les analyses qu'il contenait, analyses déjà réalisées pour la plupart par les chimistes français, que par ses généralisations élevées qui éclairaient d'un jour tout nouveau la théorie de la nutrition animale. En s'attachant à dresser, plus nettement que ses prédécesseurs, le bilan des recettes et des dépenses de l'organisme, Liebig montra comment la forme seule des êtres vivants subsiste, tandis que la matière qui les constitue se renouvelle sans cesse, entraînée dans un tourbillon vital incessant. Selon lui le sang de l'animal est une solution d'*albumine*, de *graisse*, de *sucre* et de *sels* empruntés aux végétaux par l'alimentation, et qui retournent au règne minéral après avoir servi de matériaux aux édifices moléculaires des organes.

Liebig montre après Lavoisier comment ces édifices s'écroulent et se régénèrent sans cesse, molécule par molécule, sous l'action dévorante de l'oxygène.

Un premier degré d'oxydation forme la trame des cellules en transformant l'albumine en fibrine des muscles, ou en gélatine des os ; mais l'oxygène brûle ce qu'il a élevé et entraîne aussitôt par tous les émonctoires naturels de l'économie (peau, reins, poumons, foie, etc.) cette matière déjà rentrée dans le règne inorganique.

Cette démolition perpétuelle est une condition nécessaire de la vie ; vérité que Claude Bernard a exprimée depuis, d'une manière paradoxale mais saisissante, en disant que *la vie c'est la mort.*

Liebig divisait les aliments en trois grandes catégories : les *aliments plastiques azotés,* dont le type est l'albumine, les *aliments respiratoires* non azotés, tels que l'amidon, le sucre et la graisse, et enfin les *minéraux.*

Les premiers servent surtout à la réparation du sang et

des organes, les seconds à la respiration et à la calorification.

Liebig insiste sur l'identité de composition chimique des plantes et des animaux. On retrouve en effet la graisse, la fibrine, l'albumine et la caséine dans les deux règnes. Humbolt avait découvert sous l'Équateur un arbre qui sécrétait un lait contenant des principes plastiques et respiratoires analogues au lait de vache, et qui constituait le principal aliment des nègres de la Colombie. Cette identité de composition donna lieu à un débat mémorable entre M. Dumas et Liebig, où ce dernier finit par l'emporter.

M. Dumas, se fondant sur cette idée de Lavoisier, que l'animal est un appareil de combustion, comme la plante est un appareil d'organisation, soutint que l'animal reçoit et s'assimile sans transformation, pour les fixer ou les brûler dans ses tissus, les principes immédiats fabriqués par les plantes. Liebig soutint, au contraire, que l'organisme animal peut fabriquer de la graisse avec d'autres principes, tels que l'amidon et le sucre; il invoquait l'exemple des animaux que l'on engraisse avec des pommes de terre et des aliments sucrés.

C'est en s'inspirant de cette idée féconde que Claude Bernard s'attacha plus tard à démontrer l'unité fonctionnelle de la vie dans les deux règnes, quand il eut découvert lui-même la faculté que possède l'animal de fabriquer du sucre et de l'amidon à l'instar de la plante.

Liebig fit aussi parfaitement ressortir l'importance de la restitution des sels minéraux dans la nutrition des animaux. Ces expériences ont été reprises et complétées plus tard à l'Université de Bonn et à Munich, où l'on a constaté sur toute espèce d'animaux les conséquences mortelles de la privation de la potasse, de la soude, des phosphates et de la chaux dans l'alimentation. Grâce aux travaux des stations agricoles et des laboratoires de l'Allemagne, nous savons exactement aujourd'hui combien de phosphate de chaux, de potasse et d'azote les animaux de la ferme empruntent au

sol sous forme de fourrage aux différentes époques de leur développement. Connaissant exactement aussi la teneur de chacun de ces fourrages en éléments minéraux et organiques, nous savons quel supplément de ration est nécessaire à l'animal pour se développer normalement et produire le maximum de viande, de graisse ou de laitage.

Ainsi nous savons qu'un animal adulte mis à l'engrais n'enlève au sol que de minimes proportions d'azote, et fabrique sa graisse aux dépens des principes carbonés que la plante emprunte à l'air; tandis que l'animal en voie de développement, ou dont on exporte le lait, appauvrit la terre des principes nécessaires pour la fabrication des os, de la chair, ou pour la production du lait. De même, en révélant à l'éleveur les quantités relatives d'éléments plastiques et respiratoires contenues dans chacun de ses fourrages, et la part que prend chacun de ces principes dans la production de la chaleur et du travail, de la viande et de la graisse; en lui apprenant à transformer par la fermentation naturelle ou par une simple cuisson à la vapeur les aliments rebutés en nature par son bétail, en principes assimilables aromatiques et sucrés, la science lui prodigue les éléments de production économique qui sont la source de la richesse.

Ce n'est que depuis les célèbres conférences de M. George Ville que la théorie de la restitution, simplifiée dans ses termes et nettement formulée, fut mise à la portée de tous.

Par ses belles et élégantes expériences dans le sable calciné, qui seront reproduites cette année à l'exposition de Paris, M. Ville prouva qu'il suffit d'offrir à la plante quatre éléments minéraux seulement pour obtenir de belles récoltes sans humus ni fumier. Ces quatre termes sont l'azote, la potasse, le phosphore et la chaux, dont les proportions varient dans chaque espèce de plante. La plante emprunte à l'air environ 93 °/₀ de sa substance. Il ne faut donc pas rendre à la terre l'équivalent en poids du végétal. La restitution ne doit porter que sur les quatre termes, dont quelques centaines de kilogrammes remplacent souvent avec

avantage les cinquante mille kilogrammes d'engrais de ferme à l'hectare.

M. Ville, se fondant sur les recherches de M. Lawes, montra comment, au moyen des engrais chimiques seuls, on peut produire une plante de toutes pièces, et lui faire dire son opinion sur chacun des aliments offerts à son alimentation. L'analyse du sol par la plante et l'engrais chimique constitue en effet le procédé le plus ingénieux, le plus facile et le plus sûr pour connaître le sol et pour découvrir ce qui lui manque ; car l'analyse des laboratoires confond les éléments actuellement assimilables avec ceux qui peuvent le devenir.

L'art de varier les proportions des quatre termes de l'engrais contient tout le secret de l'alimentation des plantes. Le fumier, qui est un composé constant, et ne contient que 5 pour cent de matière minérale, ne permet pas de proportionner ces termes aux exigences de chaque espèce de plante. Voilà pourquoi l'engrais chimique l'emporte sur l'engrais de ferme dans toutes les cultures qui, comme les légumineuses, n'enlèvent au sol que certains sels, ou qui, comme les betteraves et les pommes de terre, en absorbent des quantités considérables. Néanmoins, certaines plantes, comme les navets et les trèfles, ne paraissent pas pouvoir se passer d'humus, sans doute parce qu'il favorise singulièrement l'aération et l'endosmose des racines. Quant au blé, une expérience de trente ans a prouvé qu'on peut le cultiver avec succès, sans humus et sans fumier, rien que par les engrais chimiques. C'est ce qui a fait dire à M. George Ville : « Si le prix du sulfate d'ammoniaque, qui contient la dominante du blé, l'azote, descendait de cinquante à quinze francs les 100 kilog., le problème de la vie à bon marché serait résolu. »

En attendant, les engrais chimiques, permettant de produire directement du blé sans fumier, affranchissent l'agriculteur de cette dure nécessité de créer d'abord des prairies pour élever le bétail producteur de l'engrais. Ainsi la science

a brisé le cercle dans lequel il tournait fatalement depuis des siècles, et par le renversement de l'ordre suivi elle permet de réaliser de grandes économies de temps et d'argent.

De pareils services nous expliquent suffisamment pourquoi tous les hommes éclairés, qui ne sont pas étrangers aux merveilleuses conquêtes de la chimie moderne, réclament énergiquement la diffusion de l'enseignement des sciences naturelles dans les campagnes; parce qu'ils prévoient que nous serons écrasés avant peu par la concurrence de l'étranger, si nous ne formons pas des ingénieurs pour exploiter la terre, comme nous en formons pour exploiter nos mines.

A. Proost,
Secrétaire de la Société centrale d'Agriculture.

DOLMENS, MENHIRS

ET TUMULUS.

I.

Il y a quelque vingt ou trente ans nul ne se fût avisé, en France du moins, d'attribuer une provenance autre qu'une origine druidique à ces sortes de monuments composés d'une ou plusieurs énormes pierres brutes que l'on rencontre dans un grand nombre de nos départements, tantôt en plaine, tantôt sur le flanc des montagnes ou au sommet de petites éminences. Différents noms ont été donnés à ces curieuses érections, la plupart empruntés à l'idiôme breton, reste de l'ancienne langue des Celtes; et d'une manière générale on avait pris l'habitude de les désigner en bloc sous la dénomination de *pierres druidiques* et de *monuments celtiques*.

L'archéologie préhistorique, cette science toute récente, n'existait pas alors.

Mais, quand des fouilles et des recherches habilement dirigées eurent, après la mémorable découverte de Boucher de Perthes, mis au jour dans les terrains quaternaires une foule d'outils et d'instruments en silex, en bois de cerf et de

renne, en ossements divers, ainsi que des débris dont la nature, la forme, la disposition, le mode d'amoncellement, indiquaient à l'évidence les restes de repas pris en commun, — une nouvelle science naquit, greffée sur la géologie, autre science un peu moins nouvelle. Des objets ouvrés en silex et autres pierres dures et en ossements de divers animaux, dont la façon plus ou moins grossière ou perfectionnée semblait indiquer divers degrés d'avancement dans des civilisations rudimentaires, on arriva peu à peu à la découverte d'armes et d'instruments de bronze, d'une époque jugée évidemment postérieure, puis enfin à la constatation plus récente encore de l'usage du fer, par laquelle on arrivait, jugeait-on, au seuil des temps historiques.

Ainsi l'archéologie préhistorique est venue prendre place, dans l'histoire générale de la terre et de l'homme, comme l'intermédiaire, le lien naturel, entre l'histoire proprement dite et la géologie.

Les faits abondaient. La piste une fois ouverte, chacun se mit à la suivre et des trouvailles heureuses vinrent le plus souvent récompenser les efforts des chercheurs : couteaux, grattoirs, hachettes, scies, marteaux, fers de lance, poinçons, pointes de flèches en silex éclaté, taillé ou poli, en os et en corne, ou composés de deux de ces substances; objets similaires et épées, poignards, bracelets, anneaux, pendeloques, fibules, cisailles, faucilles, etc., en bronze et en fer, enrichirent bientôt les musées publics, et une foule de collections particulières prirent naissance.

Sous l'empire de certaines idées peut-être préconçues comme aussi de premières apparences assez naturelles, on fit aussitôt la classification de tous ces objets dus à la main de l'homme en les attribuant aux âges dont l'histoire n'a pas conservé de traces, et en les répartissant en trois groupes que l'on fit correspondre, d'une manière en quelque sorte mathématique, à trois époques successives appelées : âge de la pierre, âge du bronze, âge du fer. On généralisa même cette chronologie comparative au point d'admettre, au moins à l'origine d'une

telle classification, la succession de ces trois âges comme à peu près uniforme par tous pays.

Une fois lancé dans les horizons séduisants d'une théorie, surtout quand cette théorie emprunte une partie de ses assises à des créations chères à l'imagination, l'esprit humain ne s'arrête pas volontiers. On a subdivisé les trois *âges* en plusieurs *périodes* et chacune de celles-ci en un certain nombre d'*époques* auxquelles on a attribué, aux premières surtout, des durées extraordinairement prolongées. On a fait notamment une période *des silex éclatés* ou période *éolithique* correspondant à l'âge tertiaire des géologues, une période *paléolithique* ou *de la pierre taillée* (terrains quaternaires), une période enfin dite *de la pierre polie* ou *néolithique*. Suivent les diverses périodes des âges « du bronze » et « du fer. »

Naturellement on fut conduit à comprendre les monuments jusqu'alors réputés druidiques dans cette nomenclature ; et comme dans l'intérieur ou au pied d'un grand nombre d'entre eux on a trouvé des outils, des armes, des ornements en pierre, le plus souvent polie, on a assigné ces édifices de pierre brute à la période de la pierre polie.

Par là se trouvait renversée la théorie jusqu'alors admise et d'après laquelle on avait voulu voir, dans ces frustes et rudimentaires monuments, des autels et autres objets du culte sanglant de la civilisation druidique. Ces ouvrages, auxquels on est convenu depuis de donner le nom de Monuments *mégalithiques* (μέγας, *grand*, et λίθος, *pierre*), ou de Monuments *de pierres brutes*, furent relégués dans ce lointain préhistorique qu'une école moins autorisée aujourd'hui qu'il y a quelques années, mais fort en vogue encore, se plaît à reculer assez arbitrairement à des milliers de siècles.

Comme toute théorie basée sur des faits insuffisants au début ou insuffisamment observés et sur une généralisation trop hâtive, cette ingénieuse hypothèse d'âges successifs et de périodes uniformément progressives, qui a pu rendre jusqu'ici des services à la science, menace aujourd'hui de perdre une part de sa valeur et de son importance. De nou-

veaux faits, de nouvelles observations, de nouveaux rapprochements ont amené à reconnaître que la succession des âges de la pierre éclatée, taillée et polie et même du bronze et du fer devait, dans beaucoup de lieux et de circonstances, faire place à la simultanéité; que là où la succession a réellement existé, elle a varié prodigieusement d'un peuple à l'autre, tel en étant encore à l'emploi de la pierre éclatée quand un autre faisait depuis longtemps déjà, un fréquent usage de divers métaux; que de nos jours même on rencontre l'emploi de pierres et d'os comme armes et outils chez diverses peuplades; et qu'enfin il se trouve ou il s'est trouvé dans les temps historiques de nombreux exemples de conservation de l'emploi de certains objets usuels en pierre taillée dans des sociétés parvenues à un état de civilisation relativement avancé (1). D'autre part l'on conteste, par des considérations

(1) Aux temps de Moïse et de Josué les juifs pratiquaient la circoncision avec des tranchants en pierre. L'Exode nous montre Séphora circoncisant son fils avec *une pierre très aiguë* (IV, 25), et au chap. V de Josué, on lit cet ordre du Seigneur : « Fac tibi *cultros lapideos* et circumcide secundo filios Israel. » Cependant l'usage du bronze et du fer était depuis bien longtemps connu des Israélites. D'après la version des Septante les couteaux de pierre employés par Josué furent par la suite ensevelis avec lui dans son tombeau, et le tout, tombeaux et couteaux, a été retrouvé récemment par MM. Victor Guérin et l'abbé Richard (l'hydrographe). La découverte d'objets en silex dans un tombeau ne prouve donc pas que les contemporains du défunt aient ignoré l'emploi des métaux.

Quelques personnes assurent que, dans certaines synagogues, l'usage persite encore d'employer des couteaux de pierre pour la cérémonie de la circoncision.

Enfin, d'après M. James Fergusson, « Hérodote raconte (II, 86) que de son temps les Égyptiens, après avoir extrait la cervelle avec un instrument en fer, ouvraient le corps qu'ils voulaient embaumer au moyen d'une pierre éthiopienne. Sir Gardner Wilkinson dit avoir trouvé dans une tombe deux couteaux en silex qui avaient dû servir à cet usage. (p. 465, *ad not).* »

Il y a plus, l'emploi de la pierre comme outil existe encore de nos jours, même en France : en Savoie les bûcherons se servent, pour éclater les pièces de bois, de coins en pierre; on assure même que, dans certaines contrées, ils emploient un écorçoir en pierre polie pour détacher l'écorce du bois; et plus

non dépourvues de gravité et de valeur, l'usage pratique, l'emploi comme objets usuels, des outils en pierre polie : d'ailleurs la perfection des formes et l'achèvement du poli d'une foule de ceux-ci, en silex, en serpentine, en jadéite, en fibrolithe, en chloromélanite, etc., ne saurait se concilier avec l'état barbare que suppose l'absence d'instruments de métal ; le manque complet dans les localités de gisements des roches, sauf le silex, de la nature de celles dont sont formés les objets de pierre polie, suppose nécessairement des relations commerciales développées ; mais surtout le fini même de ces objets les eût rendus impropres à l'usage auquel leur forme semblerait les avoir destinés. Ils ne seraient que des espèces de talismans, insignes, symboles, amulettes ou objets sacrés déposés à titre d'hommages ou d'aide dans les tombeaux de chefs militaires et autres personnages importants.

La connaissance des monuments mégalithiques, cette branche spéciale de l'archéologie, ne pouvait point être soustraite à l'influence de cette étude plus approfondie, plus dégagée de parti pris, tranchons le mot, plus scientifique, des faits sur lesquels s'appuie l'archéologie générale.

Non seulement les monuments mégalithiques ont été mieux étudiés individuellement, mais des découvertes récentes ont singulièrement élargi le champ de ce genre d'observations. Les Iles Britanniques, la Suède, le Danemark, la France, la Péninsule Ibérique, le nord de l'Afrique, l'Italie, la Grèce, la Crimée, la Géorgie, la Palestine et jusqu'à la grande presqu'île hindoue, sans parler des Amériques, ont offert à de nombreux et patients explorateurs les types les plus variés de monuments de cette nature. De la comparaison de ces produits primitifs de l'industrie humaine

d'une fois ces divers outils ont figuré dans des musées comme instruments celtiques ou préceltiques. Enfin qui ne connaît ces mortiers en pierre grossièrement polie dont nos cuisinières se servent pour y broyer avec un pilon d'orme ou de buis, des amandes, des pâtes et autres produits alimentaires ?

dans des contrées si différentes et peuplées de races si diverses, il est résulté plus d'un enseignement ; et l'auteur qui, le premier, — le seul faut-il dire — a décrit, dans un ouvrage d'ensemble, les monuments mégalithiques de toutes les parties du monde aura contribué, cela n'est pas douteux, à jeter une vive lumière dans cette région de la science.

C'est un Anglais, M. James Fergusson, auteur d'un grand nombre d'ouvrages appréciés relatifs à l'archéologie ainsi qu'à l'architecture et à son histoire, qui a entrepris et réalisé ce travail, et c'est un auteur français, bien connu des lecteurs de cette *Revue*, M. l'abbé Hamard, de l'Oratoire de Rennes, qui lui a procuré ses lettres de naturalisation dans notre langue, tout en lui imprimant le cachet de sa propre personnalité par les réserves qu'il formule et les divergences qu'il accuse tant dans sa *Préface* que dans ses *Notes du traducteur*.

La présente étude est moins une analyse des *Monuments mégalithiques de tous pays* (1) qu'une série d'exemples choisis parmi les plus marquants et qui tendent à démontrer le peu d'ancienneté comparative de la plupart de ces monuments. Sans doute on peut les considérer dans un certain nombre de cas comme *préhistoriques* si l'on donne à ce mot une signification relative, en ce sens que l'âge préhistorique correspondrait pour chaque peuple à la période de son existence dont l'histoire n'est point parvenue jusqu'à nous : or, bien souvent, le plus souvent peut-être, l'âge préhistorique ainsi compris, — et nous croyons que cette manière de le comprendre est la vraie, — se rapproche singulièrement du nôtre. Si, pour les sociétés orientales dont l'histoire ou du moins les traditions sont attestées par des monuments authentiques de la plus haute antiquité, l'âge préhistorique

(1) *Les Monuments mégalithiques de tous pays; leur âge et leur destination*, avec une carte et 230 gravures, par James Fergusson, ouvrage traduit de l'anglais par l'abbé Hamard, prêtre de l'Oratoire de Rennes, membre de plusieurs sociétés savantes, avec une préface et des notes du traducteur. 1 vol. in-8° de LII-559 pp. 1878. Paris, Haton, édit.

s'éloigne moins dans une certaine mesure, du passé fabuleux qu'on a voulu lui attribuer, il faut bien reconnaître qu'il n'en est plus de même pour les races du nord et de l'occident : chez la plupart de celle-ci les premiers bégaiements de l'histoire remontent à peine à quelques siècles avant Jésus-Christ; chez bon nombre de celles-là le passé le plus lointainement connu n'arrive pas même aux débuts de notre ère.

II.

Un auteur qui a publié un grand nombre d'ouvrages de vulgarisation scientifique et quelques écrits originaux, fit paraître, il y a huit ou neuf ans, un ouvrage dans lequel il se proposait, pour nous servir de ses propres expressions, « d'exposer une science qui n'existe pas encore, » c'est-à-dire de « coordonner avec suite et méthode, » de synthétiser dans « un ouvrage lié, » les nombreux faits, les recherches plus nombreuses encore, jusqu'alors rassemblés au hasard et dans tous les ordres de connaissances, relativement aux mœurs et aux usages de l'homme « pendant les temps antérieurs à la tradition et à l'histoire. » *L'homme primitif* de M. Louis Figuier, tel est le titre de cet ouvrage, contient un chapitre consacré aux monuments mégalithiques (1). Après y avoir fait justice en quelques mots de l'opinion qui a longtemps prévalu et qui voyait, dans ces masses de pierres bizarrement dressées et amoncelées, des autels des druides, l'auteur ajoute, avec assurance mais sans démonstration aucune, cette manière d'apophthegme :

« Il est parfaitement prouvé aujourd'hui que les dolmens étaient des tombeaux de l'époque antéhistorique (2). »

L'auteur a raison sans doute, dans la première partie de

(1) Un vol. gr. in-8° de VIII-480 pp. avec 39 pl. et 246 fig. 2e édit. 1870. Paris, Hachette.

(2) *Loc. cit.* p. 269.

sa proposition, quand il dit que les dolmens étaient des tombeaux, et cela ressortira, pensons-nous, de la suite de cette étude. Peut-être s'aventure-t-il beaucoup dans la seconde, car pour lui l'époque antéhistorique ne s'entend pas dans le sens variable et relatif indiqué plus haut, mais exclusivement dans ce sens général et absolu qui la fait contemporaine des âges tertiaire et post-pliocène et qui a prévalu jusqu'ici, quoiqu'il ne doive pas tarder, croyons-nous, à céder, au moins dans une certaine mesure, la place au précédent. Plus loin, il ajoute que ces monuments de pierre brute « ne sont pas plus celtiques que druidiques, » que « les Celtes, peuples qui occupèrent la Gaule plusieurs siècles avant l'ère chrétienne, tout à fait innocents des constructions mégalithiques, les trouvèrent toutes faites lors de leur immigration, et sans doute les considérèrent avec autant d'étonnement que nous-mêmes (1). »

Ici encore, M. Louis Figuier, tout en suivant les vues d'un des princes de la science archéologique, M. Alexandre Bertrand, donne comme chose acquise et démontrée ce qui n'est qu'une conjecture basée sur des théories peut-être préconçues. Non-seulement les monuments de pierre brute des contrées autrefois occupées par les Celtes paraissent être bien réellement d'origine celtique, pris dans leur ensemble, mais il semble très probable que bon nombre d'entre eux remontent seulement à une époque où déjà les Celtes n'existaient plus comme race autonome et distincte.

Avant de faire ressortir ce point de vue avec quelques-unes des nombreuses probabilités qui l'appuient, il ne sera pas inutile, pour jeter plus de clarté dans le discours, de définir les dénominations particulières que l'on donne aux différents agencements adoptés par les constructeurs d'édifices de pierres brutes, et de les grouper ensuite dans une sorte de classement méthodique.

Le *dol-men* proprement dit (du celtique *dol*, table, et *men*

(1) Ibid., p. 276. 277.

ou *maen* pierre) consiste dans une table ou plutôt dans un bloc de pierre brute, de forme plus ou moins aplatie et allongée, hissée et solidement établie sur un certain nombre de supports également en pierre brute. La fig. 1 représente

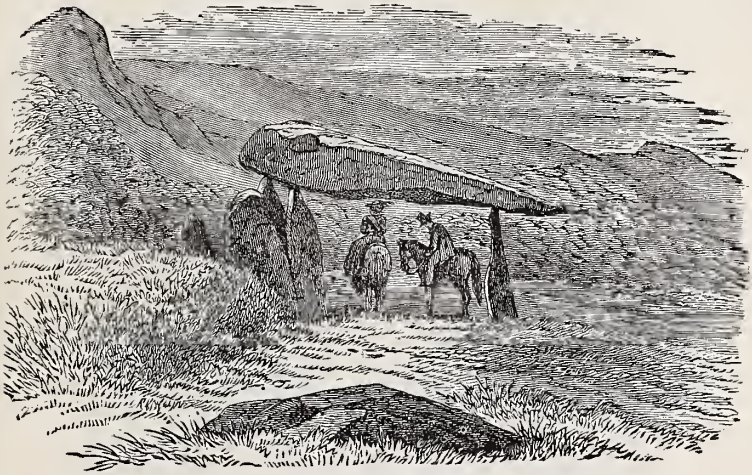


Fig. 1. — Dolmen de Pentre-Ifan.

un dolmen proprement dit, et *apparent,* celui de Pentre-Ifan dans le comté de Pembroke en Angleterre. Ce dolmen est de taille à ce que des personnes à cheval puissent passer dessous. Tous n'ont pas des dimensions aussi considérables. Celui d'Oroust dans le Bohuslan (Suède), (fig. 2) est beaucoup moins haut : il figure une sorte de chambre basse

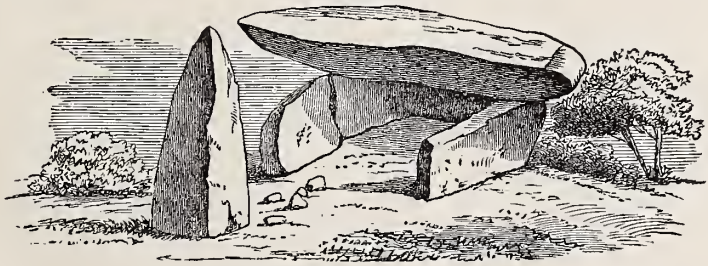


Fig. 2. — Dolmen d'Oroust, en Bohuslan.

de forme parallélogrammique ou sémi-circulaire ; en face de lui se dresse une pierre isolée assez comparable, pour la forme, à un autre genre de monument appelé *men-hir* et dont nous parlerons un peu plus loin. Quand la pierre tabulaire n'est dressée que par l'une de ses extrémités, l'autre extrémité reposant sur le sol, l'édifice se nomme *demi-dolmen ;* tel est celui des environs de Poitiers (fig. 3) ; tel est également celui de Kerland, en Bretagne, que la piété des fidèles a surmonté d'une croix monumentale (fig. 25, p. 99 *infra*).

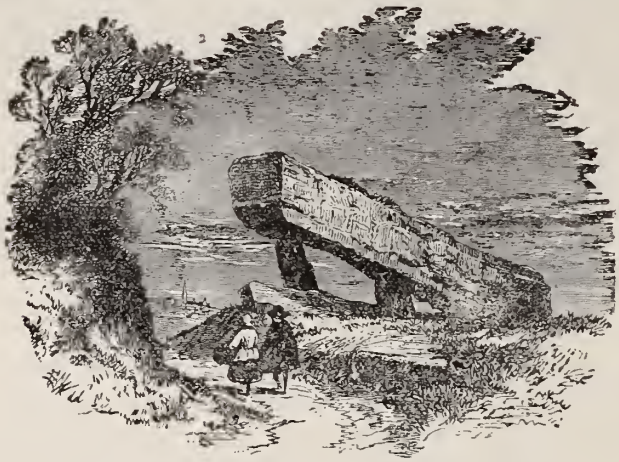


Fig. 3. — Demi-dolmen des environs de Poitiers.

Un dolmen très allongé ou une série de dolmens disposés de telle sorte qu'ils se joignent les uns les autres, leurs supports formant deux rangées parallèles comparables à une sorte de couloir, — s'appelle *allée couverte* ou *grotte des fées*, et *hunebed* en Hollande. C'est une véritable galerie dont les pierres tabulaires transversales forment le plafond. Il existe dans Indre-et-Loire, près de Mettray, une de ces allées couvertes, particulièrement remarquable par la régularité des blocs qui la composent, surtout de ceux qui en forment le couvert et qui, selon M. James Fergusson, permettent à peine de la ranger parmi les monuments en pierre brute

(fig. 4). Le plus souvent, du reste, les grottes de fées que l'on rencontre soit sur la rive droite de la Loire, soit dans le Drenthe et dans le nord de l'Allemagne, affectent des formes infiniment plus frustes et irrégulières.

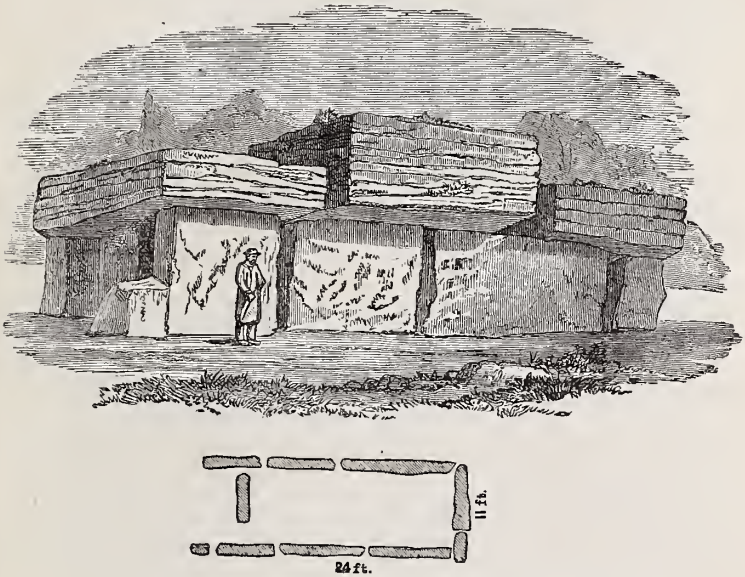
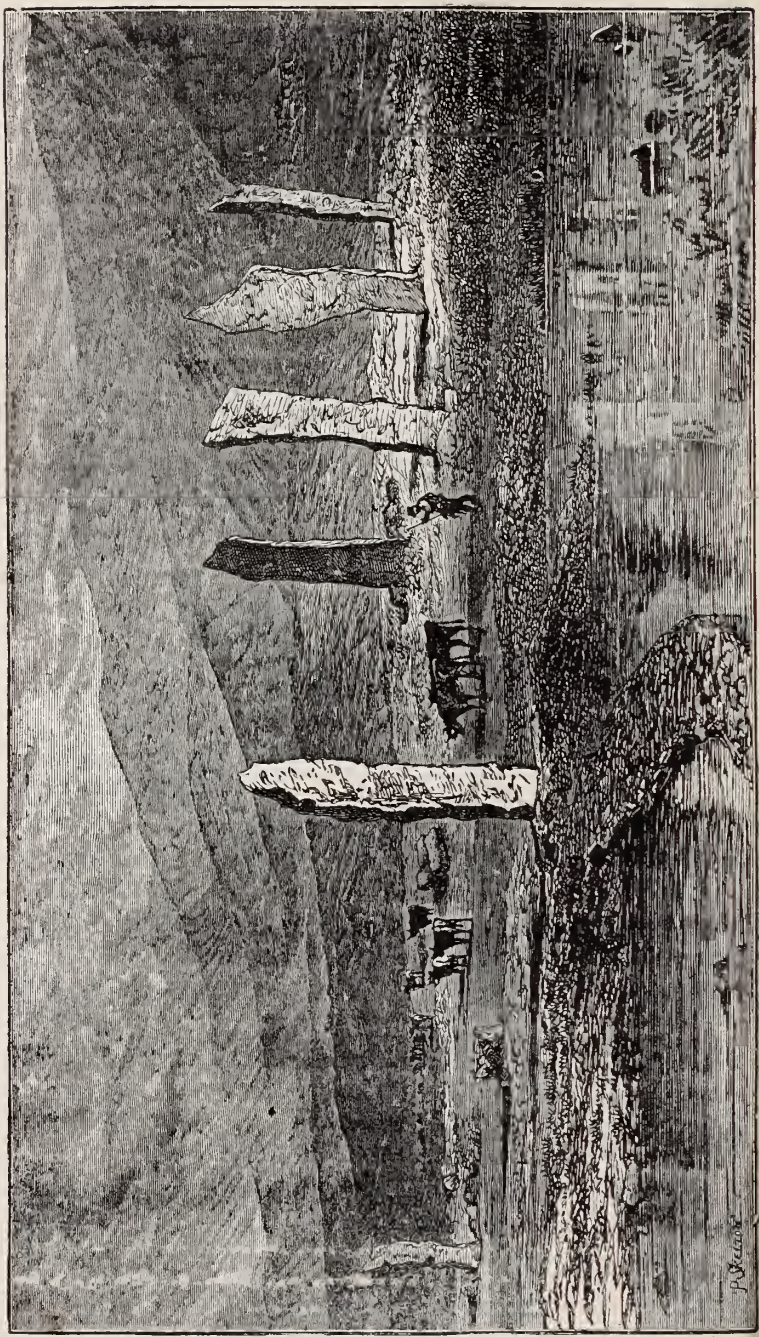


Fig. 4. — Allée couverte de Mettray (Indre-et-Loire).

Le *menhir* ou *peulvan*, la *pierre debout* ou *pierre levée*, (quelquefois *lech* en Bretagne) est un bloc de forme allongée et planté verticalement en terre. Tantôt on le rencontre isolé, tantôt combiné avec diverses constructions, divers groupements d'autres pierres qui prennent des noms particuliers suivant leur mode d'agencement ou leur disposition.

Ainsi on nomme *alignement* un ensemble de menhirs formant une série de lignes parallèles. Le plus célèbre est l'alignement de Carnac en Bretagne (Morbihan) dont les menhirs, rangés sur onze lignes, n'occupent pas une longueur inférieure à un kilomètre. Nous aurons occasion d'en parler plus loin.



Cercle de Monhirs à Stennis (Iles Orcades).

Disposés circulairement, plusieurs menhirs ou simples pierres forment un groupe qui prend le nom de *cercle* : l'un des groupes les plus remarquables de ce genre est le cercle de Stennis dans les îles Orcades dont nous donnons ici une vue; l'élévation et les dimensions de ces pierres sont bien faites pour étonner l'observateur qui les contemple.

L'ensemble résultant d'un *cercle* de pierres avec un ou plusieurs dolmens autour desquels il forme enceinte, est un *cromlech* (du celtique *crom*, recourbé, et *lech*, pierre). Cette dénomination d'ailleurs s'applique quelquefois à un cercle sans dolmen, et les Anglais la donnent aussi, bien qu'à tort, à un simple dolmen indépendamment du cercle qui l'entoure (fig. 5).

Fig. 5. – Cromlech de Halskov, dans l'île de Seeland (Danemark).

En dépit de leur dénomination, il entre aussi de la terre dans la composition des monuments dits de pierre brute; et l'on a même été amené par l'analogie et par la force des choses à ranger parmi eux certaines sortes de monuments exclusivement composés de monceaux de terre. Mais le plus souvent le monceau de terre recouvre un véritable édifice de pierres, dolmen, grotte de fées, ou chambre funéraire. Sou-

vent aussi l'amas terreux est surmonté d'un dolmen découvert, indépendamment du dolmen ou de la construction intérieure quelle qu'elle soit dont il forme comme le revêtement. De là vient la qualification d'*apparent* employée plus haut et qui s'applique indistinctement à tout dolmen qui n'est pas enfoui sous une butte de terre, soit que cette butte existant primitivement ait disparu par l'action du temps, soit que le dolmen ait été par destination dépourvu dès l'origine de cette enveloppe terreuse, appelée *tumulus* ou *barrow*.

La figure 6 représente le plan horizontal à l'échelle de 1/192e d'un tumulus existant à Parc-Cwn dans la presqu'île

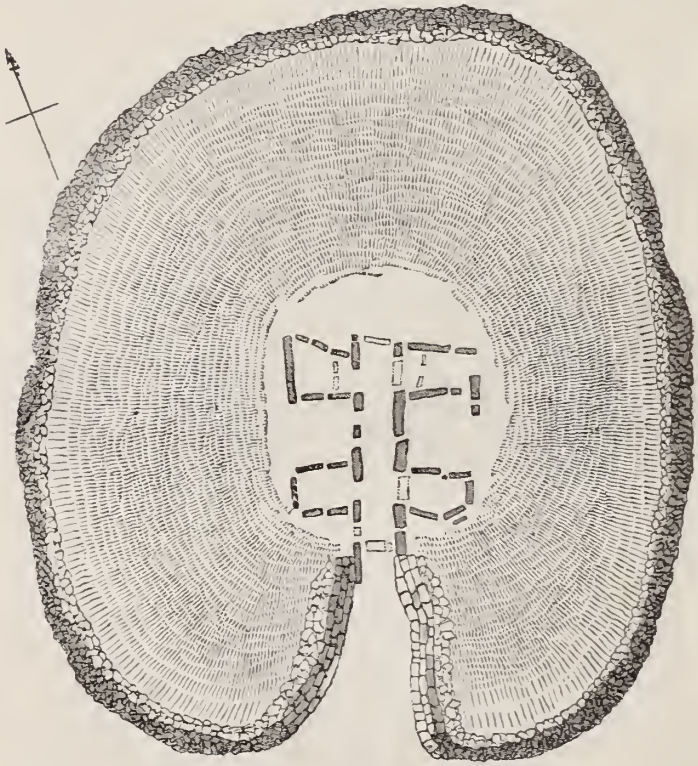


Fig. 6. — Plan du tumulus de Park-Cwn.

de Gower en Angleterre. On voit vers le centre un ensemble de quatre chambres funéraires reliées entre elles par une galerie allongée à laquelle donne accès un passage en forme d'entonnoir ménagé dans le monceau terreux, et soutenu par deux murs en belle maçonnerie.

Le musée de Saint-Germain contient un plan, en relief et sur une très grande échelle, d'un tumulus fort remarquable et justement renommé qui existe à Gavr'inis (île des Chênes) dans le Morbihan. Il forme une butte à base sensiblement circulaire, ouverte dans la direction du sud-est par une galerie formée d'une avenue de pierres debout recouvertes elles-mêmes de pierres plates transversales. La figure 7 donne le plan horizontal avec l'orientation de cette galerie et de la chambre sépulcrale à laquelle elle accède.

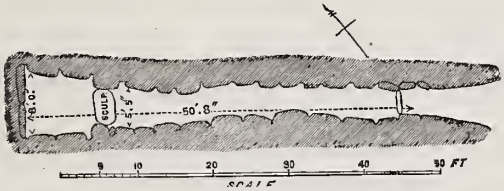


Fig. 7. — Allée couverte et chambre funéraire du tumulus de l'île des Chênes (Morbihan).

Quand un tumulus affecte, par sa base, une forme oblongue très prononcée, les Anglais le désignent plus volontiers sous le nom de *long-barrow*, c'est-à-dire, tumulus allongé. Tel est celui dit *de Kennet* à Avebury, comté de Wilts en Angleterre ; c'est un tertre d'une longueur de 100 mètres sur $22^{m}50$ à 25 ou 30^{m} de largeur, surmonté à son sommet d'un dolmen apparent situé au-dessus de la principale des chambres funéraires construites à l'intérieur.

Les dolmens renfermés dans des tumulus n'ont pas toujours l'extrême simplicité de construction qui résulterait de la définition donnée plus haut. Il arrive souvent que les pierres dressées pour servir de support à la voûte, ou plutôt au plafond, enceignent une espace trop vaste pour que cette voûte ou ce plafond puisse être formé d'une seule pièce.

Plusieurs pierres tabulaires sont alors juxtaposées sur les supports, et quelquefois des pierres plus petites, des moellons, au besoin fendus ou dégrossis, sont disposés de manière à combler les interstices. On a alors une sorte de chambre à laquelle on donne ordinairement le nom de *Cella* ou de *Cist*.

Fig. 8. — Vue intérieure de la Cella d'Udby (Danemark).

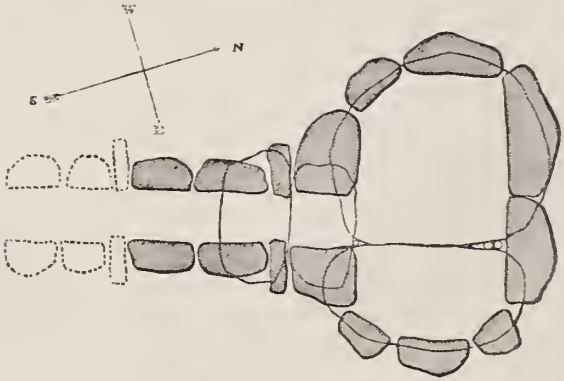


Fig. 9. — Plan horizontal.

Les figures 8 et 9 représentent, la première une vue intérieure, la seconde le plan horizontal, d'un vaste cist, long de 4 mètres, et large de $2^{m}40$, contenu dans un tumulus situé près d'Udby, dans le district d'Holbek, île de Seeland (Danemark). Lorsque ce tumulus fut ouvert en 1845 il mesurait encore 4 mètres de hauteur et près de 100 mètres de circonférence. Une *cella* (ou un *cist*) peut avoir du reste des dimensions beaucoup plus réduites, surtout si elle forme un accessoire ou une subdivision d'une chambre ou d'un ensemble de chambres plus considérable. Un exemple très remarquable de tumulus à chambre multiple existe à Maes-Howe (Iles Orcades) : c'est un long-barrow ouvert par le sommet en même temps que percé d'une galerie horizontale. La chambre centrale est construite dans des conditions de science architecturale et de maçonnerie qui dénotent un état de civilisation déjà avancé et obligent à assigner à la construction une époque relativement très moderne. Nous donnons ici, fig. 10, le plan horizontal et une coupe verticale de ce curieux tumulus.

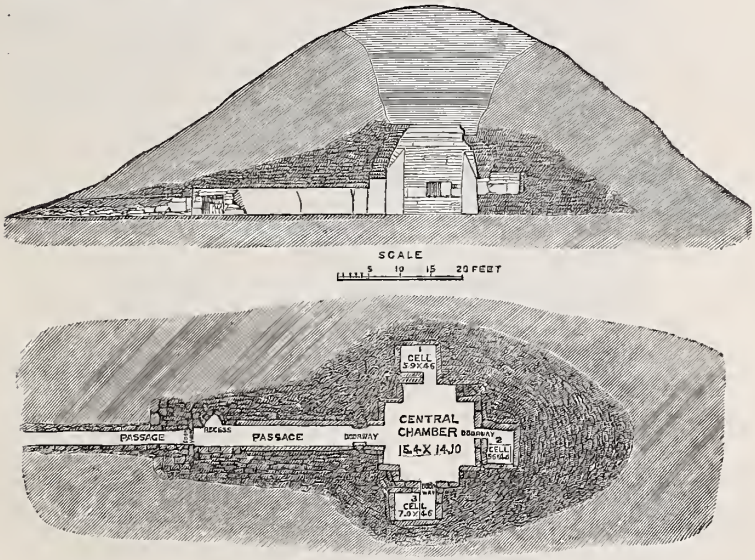


Fig. 10. — Coupe verticale et plan horizontal du long-barrow de Maes-Howe (Orcades).

Les *cellæ* qu'il renferme n'ont pour ainsi dire plus rien de commun avec la construction appelée *dolmen*, telle que nous l'avons définie. Les pierres y sont, sinon taillées, du moins découpées en dalles et agencées savamment et symétriquement, et enfin la chambre principale, qui mesure 15,4 pieds anglais ($4^{m}60$) sur 14,1 ($4^{m}40$) avec une hauteur primitivement, de 5 mètres, est ouverte à sa partie supérieure : les trois *cists* ou caveaux latéraux sont de dimensions beaucoup moindres, surtout comme hauteur, et sont à un niveau intermédiaire entre la base et le sommet de la *cella* principale (fig. 11).

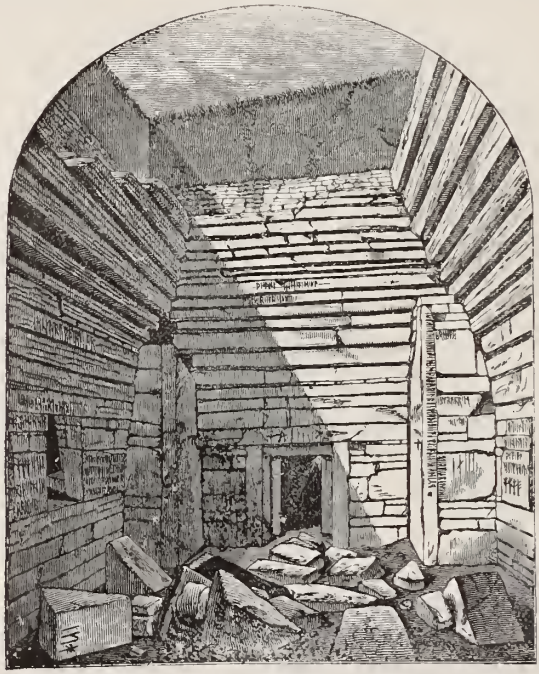


Fig. 11. — Chambre centrale du tumulus de Maes-Howe.

Une cella, un cist, un dolmen intérieur, une grotte des fées, une allée couverte, n'est pas toujours revêtue de terre exclusivement ; quelquefois le revêtement, le tertre qui enve-

loppe et surmonte le monument est lui-même composé d'un amas de pierres plus petites auxquelles peut du reste se mêler un peu de terre. On a pour lors un tumulus d'un genre particulier qui reçoit le nom de *cairn* ou de *galgal*. Comme d'un amas de pierres à un amas de terre mélangée de pierres, et de celui-ci à un amas de terre proprement dite, le passage est peu sensible, il arrive que les expressions de *cairn* ou *galgal* et de *tumulus* sont souvent prises l'une pour l'autre. Néanmoins le *cairn* suppose généralement un tumulus de pierres, tel que, par exemple, celui dit de l'*Homme seul* entre les lacs Mask et Corrib (Irlande) (fig. 12), ou du moins un tumulus, où la pierre est, sur la terre, en proportion dominante.

Fig. 12. — Cairn de l'*Homme-seul*.

En résumé :

Le *dolmen* est une pierre brute et de forme tabulaire, ou un ensemble de pierres, reposant sur des supports verticaux de même nature.

Le *demi-dolmen* est un dolmen incliné dont l'une des extrémités repose sur le sol.

La *grotte des fées*, l'*allée couverte*, en Hollande le *hunebed*, est une sorte de dolmen étroit et allongé dont la partie tabulaire est formée de plusieurs pierres juxtaposées.

Le *menhir* ou *peulvan*, la *pierre levée* ou *debout*, est une

pierre brute, plus longue que large, plantée verticalement dans le sol; elle prend en Bretagne le nom de *lech* lorsqu'elle n'est pas tout à fait brute, mais quelque peu travaillée et porte soit une inscription, soit une croix (fig. 13).

Fig. 13. — Menhir-croix à Lochrist (Finistère).

L'alignement est un ensemble de menhirs disposés en une série de lignes parallèles.

Le *cercle* ou *cromlech* est un groupe de menhirs ou de simples pierres formant une ligne circulaire. Les Anglais donnant improprement à de simples dolmens le nom de *cromlech*, on applique plus spécialement cette dernière dénomination au monument composé d'un cercle entourant un dolmen.

Le *tumulus* est un tertre de terre de forme circulaire *(barrow)* ou oblongue *(long-barrow)*, contenant ordinairement une construction en pierres brutes à son intérieur, souvent entouré d'un ou plusieurs *cercles*, et surmonté à son sommet d'un dolmen découvert ou *apparent*.

Le *cairn* ou *galgal* est un tumulus en terre mélangée de pierres ou en pierres seules.

Enfin la *cella*, le *cist*, est une chambre ou un caveau en pierres brutes ordinairement enfoui dans l'intérieur d'un cairn ou d'un tumulus.

Ajoutons à cette série d'appellations spéciales la dénomination d'*avenues* pour désigner certaines sortes de voies composées de deux lignes, parallèles et fort longues, de pierres debout dont les dimensions souvent sont faibles, et qui tantôt conduisent à un cercle, à un tumulus, ou à un dolmen, tantôt n'ont pas de destination apparente.

III.

Familiarisés désormais avec cette technologie, il nous sera facile de saisir d'un coup d'œil une classification basée sur celle de M. James Fergusson, bien qu'elle en diffère par quelques détails d'ordre, selon nous sans importance.

Cette classification qui, dans l'état actuel des connaissances ne peut être qu'approchée et faite par à peu près, ne saurait se cantonner dans des limites bien fixes et bien précises : chacun des termes dont elle se compose n'est pas sans empiéter fréquemment sur celui qui le précède ou le suit, tant la limite de l'un à l'autre est peu sûre et difficile à saisir. Telle qu'elle est néanmoins, elle permet de mettre un certain ordre dans l'étude des monuments mégalithiques et partant de rendre cette étude moins aride et d'un plus facile accès.

Nous rangerons donc les monuments de pierre brute en cinq classes :

I. — Tumulus. — II. — Dolmens. — III. — Menhirs. — IV. — Cercles. — V. — Avenues.

La 1re classe comprendra quatre subdivisions : 1° Les tumulus *en terre pleine*. — 2° Les tumulus *avec petits cists*. — 3° Les tumulus *avec dolmens intérieurs ou chambres mégalithiques*. — 4° Les tumulus *avec accès extérieur aux chambres*.

Dans la 2e classe, celle des dolmens, nous distinguerons : 1° les dolmens *libres, sans tumulus*; 2° les dolmens apparents situés *sur des tumulus*.

Nous rangerons la 3e classe, celle des menhirs : 1° en menhirs de pierres tout à fait brutes ou du moins dépourvues de tous signes gravés ou inscriptions, qu'ils soient d'ailleurs isolés ou par groupes, — et 2° en menhirs plus ou moins recouverts de sculptures ou plutôt de gravures ordinairement rudimentaires et de caractères oghams (celtiques) ou runiques.

La 4e classe est celle des cercles qu'il faut considérer suivant, 1° qu'ils environnent des *tumulus*, 2° qu'ils entourent des *dolmens,* et 3° qu'ils n'enceignent aucun monument.

Nous avons dit, plus haut, en définissant les *avenues* que tantôt elles conduisent à des cercles et tantôt n'ont pas de destination apparente. Dans ce dernier cas elles sont quelquefois flanquées de cercles et de dolmens qui ne paraissent pas en être d'ailleurs la principale raison d'être. Avenues 1° *conduisant à des cercles,* 2° sans destination apparente mais avec ou sans cercles ou dolmens, telle est la subdivision de notre 5e classe.

Réduisons cet essai de classification en un tableau qui la présente dans son ensemble et permette de la saisir au premier coup d'œil :

I. Tumulus	1° En terre pleine. 2° Avec petits cists. 3° Avec dolmens ou chambres mégalithiques. 4° Avec accès extérieur aux chambres.
II. Dolmens	1° Libres, sans tumulus. 2° Situés sur des tumulus.
III. Menhirs	1° Dépourvus de tous signes ou inscriptions (isolés ou par groupes). 2° Avec figures et caractères celtiques ou runiques.
IV. Cercles	1° Entourant des tumulus. 2° Environnant des dolmens. 3° N'enveloppant rien.
V. Avenues	1° Conduisant à des cercles. 2° Sans destination apparente (avec ou sans cercles ou dolmens).

IV.

Un point qui n'est plus guère contesté, c'est que la destination d'un grand nombre de monuments mégalithiques, et principalement celle des tumulus et des dolmens, a été une destination funéraire.

Si les fouilles n'ont pas toujours amené la découverte de vestiges de sépultures dans ces monuments, c'est que l'exploration qu'ils subissaient n'était pas la première, et l'on est parvenu à acquérir la certitude que les monuments ainsi trouvés vides avaient éprouvé des violations antérieures. Mais chaque fois qu'une de ces grottes artificielles a été ouverte n'ayant pas encore été visitée « on y a toujours trouvé des ossements, des *celtæ* ou des armes; on y a toujours recueilli des cendres ou des ossements (1). »

La tradition populaire est d'accord avec les constatations des archéologues. Ici c'est un dolmen de Locmariaker connu en Bretagne sous le nom vulgaire de *Tombeau du vieillard.* Le nom de *Champ du tombeau* est donné là à un terrain de la commune de St-Gildas-de-Rhuis dans lequel se trouve une grotte des fées. Ailleurs, c'est un chemin appelé *chemin du tombeau*, d'un dolmen auquel il conduit (2).

Une exception, — et encore est-ce bien une exception? — pourrait être invoquée en faveur de ceux des dolmens *apparents* qui figurent au sommet de certains tumulus de forme conique. Jamais ces dolmens n'ont pu être recouverts de terre ni même probablement fermés d'aucune manière. « Il est peu probable que ceux-là fussent des tombeaux; ils eussent été tout au plus des cénotaphes. Pourquoi ne seraient-ils pas des autels dressés sur des tombes (3)? » Pourquoi, ajou-

(1) Dr Fouquet. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan.* Cité par M. l'abbé Hamard dans sa « Préface du traducteur. »

(2) Rosenzweig, *Mémoires lus à la Sorbonne en* 1860 : *Archéologie.* Cité par M. l'abbé Hamard, *loc. cit.*

(3) M. Al. Bertrand, *Archéologie celtique et gauloise*, ibid.

terons-nous, ne seraient-ils pas de simples pierres tombales couronnant le tertre formé au-dessus du tombeau?

Après les tumulus et les dolmens, les menhirs. Sont-ce également des tombes? La question est plus délicate. S'ils ont eu cette destination, les restes mortels déposés à leur pied ont été moins bien protégés contre les ravages du temps, des hommes et des animaux; ils n'ont pas dû se conserver et une constatation quelconque semble impossible. Cependant M. le Dr Fouquet, dans un grand nombre de fouilles faites au pied des menhirs du Morbihan, a trouvé des substances apportant une forte présomption en faveur d'une destination mortuaire : charbon de bois, fragments de granit brûlé, traces de phosphate de chaux pouvant provenir de la décomposition d'ossements humains, poteries antiques, cailloux roulés, cristaux de quartz, *celtæ*, fers à cheval, quelquefois même des enceintes en forme de tombes non couvertes, et limitées par des pierres. Les menhirs, se demande M. l'abbé Hamard, n'étaient-ils pas les tombeaux des pauvres, comme les dolmens étaient ceux des riches? Et à l'appui de cette conjecture rationnelle il cite des dénominations populaires de lieux, telles que le *Jardin des tombes* qui désigne un groupe de menhirs près de Tréhorenteuc (Morbihan), la *Pierre du Champ-Dolent*, nom d'un magnifique peulvan à Carfantin près de Dol. Cette dénomination de Champ-Dolent est du reste très fréquente et se retrouve par tous pays. « Le *Champ dolent*, dit M. Salmon, rappelle des souvenirs celtiques : ce nom, répandu en Bretagne, existe aussi dans plusieurs communes de l'Yonne. On le trouve jusqu'en Asie : dans la province de Chutia-Nagpur (Bengale), les emplacements des monuments mégalithiques sont appelés *Chokakatu, Place de deuil,* ce qui équivaut à *Campus dolendus* (1). » D'ailleurs les menhirs pouvaient avoir d'autres destinations : et comme, sous

(1) *Diction. archéologique du Département de l'Yonne* par M. Salmon, publié par le *Bulletin de la Société des Sciences* de l'Yonne. Année 1877. p. 215.

l'empire de notre civilisation chrétienne, la croix qui s'érige sur les tombes s'élève aussi dans la plaine et sur les hauteurs, soit à titre de *calvaire,* soit pour marquer l'emplacement d'événements malheureux ou mémorables, il se peut également que les menhirs aient rempli, dans des civilisations antérieures et plus primitives, des destinations analogues.

Il reste les cercles, les alignements, les avenues, groupes ou assemblages de pierres levées. M. l'abbé Hamard pense que dans ces dispositions particulières, ce sont toujours des monuments commémoratifs, mais se rattachant à des faits d'une nature plus générale et intéressant une peuplade ou une tribu entière. M. James Fergusson est d'avis que certains alignements considérables mêlés de dolmens et de cromlechs représentent des plans de batailles, élevés après la victoire en commémoration des troupes qui y auraient pris part. Si l'on suppose que les constructeurs des monuments mégalithiques ignoraient généralement l'art d'écrire, ce qui n'a rien que de très vraisemblable, une telle explication est des plus acceptables et des plus plausibles. Dans tous les pays et dans tous les temps il a été d'usage de perpétuer par des monuments de pierres les faits considérables ou glorieux : à bien plus forte raison cette tendance devait-elle se manifester chez des peuplades à qui l'écriture était inconnue. Nous aurons du reste occasion de revenir sur cette judicieuse interprétation.

V.

S'il existe peu de divergences de vues au sujet de la *destination* des monuments mégalithiques, il n'en est plus de même quand il s'agit de leur *origine,* et par conséquent de leur *âge.*

Comme on l'a rappelé plus haut, les dolmens avaient été d'abord considérés comme des autels druidiques : dans les groupes de menhirs et les cromlechs on avait voulu voir des temples, dans les menhirs isolés des objets se rattachant

encore au culte druidique sans d'ailleurs qu'il fût possible de préciser leur emploi. Cette origine druidique put être acceptée tant que les monuments de pierres brutes ne furent étudiés que dans les pays où a régné le culte des forêts de chêne (Δρῦς, chêne) : mais les druides n'ont pas exercé leur empire et leur influence ailleurs que dans la Gaule, si ce n'est peut-être dans quelques parties de la Grande-Bretagne et de l'Irlande, et ce n'est certes pas en France et en Angleterre seulement qu'il existe des constructions mégalithiques et particulièrement des dolmens. Au surplus ce n'est que par exception que l'on rencontre des monuments de pierre brute dans les bois : encore est-il permis de considérer comme très probable l'origine relativement moderne des forêts dans lesquelles se rencontrent des dolmens, menhirs, etc. (1) qui auraient été élevés, là comme partout, en terrains découverts. Si donc les constructions qui nous occupent caractérisent le génie particulier d'une certaine race, il faut que cette race ait été essentiellement voyageuse : race voyageuse en effet qui, partie du centre de l'Asie ou du nord et du nord-est de l'Afrique, ou bien encore de la Scandinavie et de

(1) Beaucoup de terrains découverts des temps de l'occupation gauloise ou gallo-romaine se sont boisés à la suite des invasions barbares. « Nombre de cités, de bourgades, de villages, *agri*, *pagi*, *vici*, etc., balayés par le passage des hordes vandales, sarmates, gépides, burgondes, gothiques, huniques et franques, et dans le midi par les Arabes et les Sarrasins comme par les Normands dans le nord-ouest, ne se repeuplèrent pas, mais de nouveau se couvrirent de halliers, de taillis ou de futaies. Au VIe siècle, quand saint Liéphard porta ses pas à l'emplacement de *Magdunum*, aujourd'hui Meung-sur-Loire, ce *castrum* avait complétement disparu sous les bois. Saint Colomban, dit Montalembert dans ses *Moines d'Occident* (t. II, p. 384), ne trouve que des idoles abandonnées parmi les arbres sur le site de Luxeuil naguère occupé par les temples et les thermes des Romains. De nos jours encore tels massifs forestiers des Vosges, de l'Alsace ou du Jura, de la Normandie ou de la Provence, contiennent, dans les entrailles du sol, des traces et des débris constatant qu'ils furent autrefois villes, bourgades, plantations de pommiers, de vignes ou d'oliviers, ou bien camps gallo-romains. » (*La France forestière depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours*, dans le *Correspondant* du 25 juillet 1869).

l'île de Seeland, aurait occupé successivement le Danemark, le Holstein, la Poméranie, le Hanovre; diverses régions des îles britanniques; dans la Gaule, l'Armorique, une partie du bassin de la Seine, tout le bassin de la Loire, tout l'espace compris entre les rives droites du Rhône et de la Garonne, plus une foule de points ou d'îlots épars dans tout le surplus, l'Aquitaine exceptée; en Ibérie toute la région des Pyrénées, la Biscaye, Santander, les Asturies, la Galice, une langue de terrain traversant le Portugal diagonalement du N. au S., l'Andalousie et le royaume de Grenade; en Afrique toute l'Algérie, Tunis et Tripoli; la Judée et quelques parties de l'Arabie, de la Perse, de la Géorgie, de la Crimée, de la Grèce, de l'Italie, du nord de la Russie et enfin d'importants territoires de la Péninsule hindoue, sans parler des Amériques.

Une telle théorie est difficile à soutenir : elle ne repose que sur peu de faits précis et en laisse un bien plus grand nombre sans explication. Les espaces énormes qui séparent les zones mégalithiques de l'Asie entre elles et de celles de l'Afrique et de l'Europe, les nombreux îlots disséminés en dehors de ces zones sont peu compatibles avec l'hypothèse d'une race voyageuse *unique* qui aurait partout signalé son passage par ces constructions originales. Aussi cette hypothèse tend-elle de plus en plus à perdre du terrain.

Il est bien plus naturel, il semble surtout plus rationnel, de considérer les constructions mégalithiques comme l'architecture primitive, funéraire ou somptuaire, de peuples très divers et d'époques non moins différentes, mais qui, encore aux débuts de civilisations plus ou moins rudimentaires ou développées, et poussés par la même tendance, le même instinct, ont cherché à honorer leurs morts, à immortaliser leurs victoires et leurs héros, par des procédés analogues. Nous disons *analogues* et non pas *identiques*, car la conformation, le mode de groupement, le *style*, en un mot, des mégalithes varie d'une manière sensible avec les contrées. Que l'on compare, par exemple, le dolmen proprement

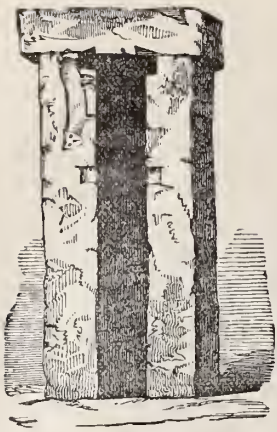


Fig. 14. — Trilithe de Ksaéa.

dit tel que le représente la figure 1 ci-dessus avec les *trilithes* de Ksaéa et d'Elkeb à Tripoli (fig. 14 et 15).

Ce sont bien des dolmens que ces trilithes, c'est-à-dire des monuments composés chacun d'une pierre tabulaire horizontale soutenue par des supports de direction sensiblement verticale. Mais le nombre des supports est réduit au strict nécessaire, la pose est plus régulière et plus soignée, les pierres ont été dégrossies.

Fig. 15. — Trilithe d'Elkeb.

La différence de style n'est pas moins accentuée dans les autres classes de monuments : du *tumulus* proprement dit ou du *cairn* tels qu'ils ont été décrits plus haut, la distance est grande aux *nurhaghes* de Sardaigne dont la figure 16

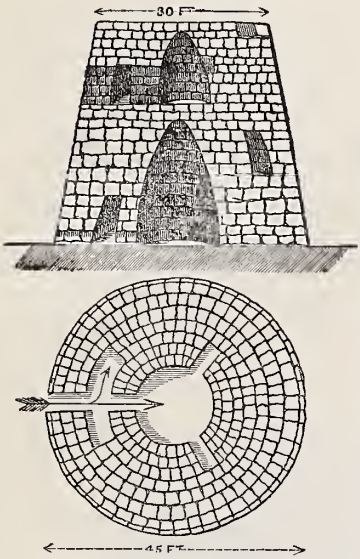


Fig. 16. — Coupe et plan d'un Nurhaghe.

représente un spécimen en plan et en coupe verticale, la figure 17 une vue en perspective.

Les *talayots* des îles Baléares se rapprochent davantage des nurhaghes que des tumulus ou des galgals proprement dits. Ils en diffèrent cependant d'une manière sensible, offrant dans les détails de leur ensemble un groupement particulier qu'on ne rencontre nulle part ailleurs et que M. James Fergusson propose d'appeler *bilithe*; sorte de dolmen dont la table horizontale repose sur un support unique de forme également tabulaire et planté en terre verticalement (fig. 18).

Fig. 17. — Vue en perspective du nurhaghe de Santa-Barbara (Sardaigne).

Nulle contrée n'est plus fertile en monuments mégalithiques que le nord de l'Afrique. C'est par dix ou vingt mille

Fig. 18. — Talayot d'Alajor (Ile Minorque).

qu'il faut les dénombrer. Ils présentent aussi des particularités qu'on ne remarque pas ailleurs. Parfois le dolmen y est élevé au sommet d'une sorte de cairn régulier à gradins qui prend le nom arabe de *bazina*, et cette forme est plus particulièrement usitée dans la plaine (fig. 19).

Fig. 19. — *Bazina* du nord de l'Afrique (cairn à gradins surmonté d'un dolmen).

Dans les montagnes le *bazina* change d'aspect et de nom : les assises des pierres se superposent à pan vertical au lieu de s'étager en gradins, et la petite tour ainsi formée est recouverte d'une large pierre plate comparable à une table de dolmen fermant une fosse de forme régulière. Ce monument s'appelle *choucha* ; sa hauteur ne dépasse guère 2 ou 3^m, mais son diamètre varie de 2 à 12^m (1).

(1) Le *choucha* algérien offre, sauf les dimensions, une remarquable analogie avec certains tombeaux des montagnes hindoues dont il sera parlé plus loin. (Voir p. 128 et fig. 52).

Rien n'égale d'ailleurs la richesse de combinaison des monuments funéraires dans le nord de l'Afrique. Les tumulus s'y voient entourés de plusieurs *cercles* tantôt de forme circulaire conformément à leur nom, tantôt disposés en enceintes carrées, et le plus souvent reliés entre eux par une double ou triple rangée de pierres (fig. 20).

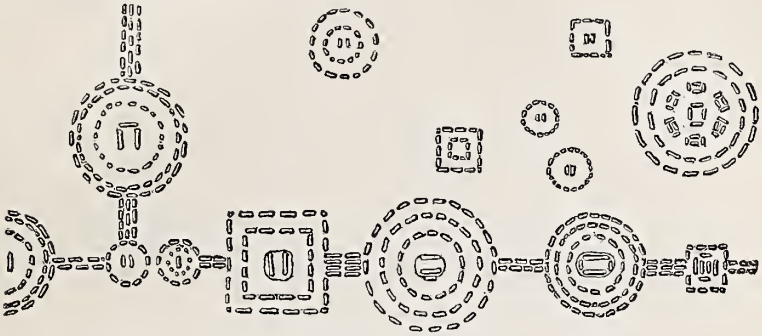


Fig. 20. — Type d'un cimetière mégalithique en Algérie.

Ces exemples que l'on pourrait multiplier, démontrent surabondamment que si les monuments mégalithiques ont par tous pays un certain caractère de parenté et de ressemblance ou analogie, ils affectent aussi, suivant les contrées, des dissemblances assez accentuées pour accuser le génie de peuples très différents. *Facies non omnibus una, nec diversa tamen, etc.* Une remarque de M. l'abbé Hamard vient encore à l'appui de cette interprétation : les objets découverts dans les diverses régions à dolmens varient avec les pays ; non seulement les objets ouvrés, haches en pierre polie ou *celtæ* dans les départements du nord-ouest par exemple, pointes de silex dans le centre et le midi, etc., mais aussi la conformation des crânes, signes le premier présomptif, le second certain, de la différence des races.

Sans doute ce serait pousser trop loin cette conclusion que de nier d'une manière générale toute migration des constructeurs de mégalithes : que l'on constate par exemple certains caractères de filiation ou de transition entre divers monu-

ments de France, d'Angleterre et d'Irlande, ou de ces divers pays avec les édifices analogues du Danemark et de la Suède, rien à cela d'étonnant si l'on songe aux migrations réciproques qui ont eu lieu entre ces différentes contrées. Mais il n'en résulte pas nécessairement qu'une seule et même race les ait *tous* construits et ait pérégriné pour cela des Orcades et du Cornouailles au Caucase et à l'Hindoustan, de la Gothie et de Seeland aux régences de Tunis et de Tripoli, ou réciproquement.

En ce qui concerne la France il est permis de considérer les dolmens, allées couvertes et menhirs comme étant d'origine celtique, ce qui ne signifie pas *druidique*. Mais de ce que l'interprétation qui faisait, des dolmens, des autels des druides est forcément abandonnée, il ne s'ensuit nullement que certains peuples qui suivaient la religion du gui de chêne n'aient pu construire de ces édifices en tant que tombeaux ou monuments commémoratifs. Il est à remarquer que les dolmens, les allées-couvertes sans tumulus, les menhirs, se rencontrent en France dans la région où ne pénétrèrent pas les Gaulois proprement dits lorsqu'ils refoulèrent les Celtes vers l'ouest : cette région comprend toute la zone sud-est nord-ouest qui s'étend de l'Hérault, du Gard et de l'Ardèche au littoral occidental de la Manche, l'ancienne Aquitaine exceptée. César et Pline désignent cette partie de la Gaule en disant qu'elle s'étendait au nord jusqu'à la Seine et la Marne, à l'est jusqu'au Rhône, et au sud jusqu'à la Garonne ; » au-delà se trouvaient, au nord les Belges, au midi les Aquitains (1). » La proportion des dolmens qu'on y a retrouvés est de 20 par département ; elle n'est que de 9 dans la région mixte entre Gaulois et Celtes, c'est-à-dire, dans la vallée de la Seine. Dans la Gaule orientale les dolmens apparents deviennent rares ou nuls, ce sont les tumulus qui abondent. D'autre part là où les dolmens et pierres debout se rencontrent en plus grand nombre, c'est là aussi que les Celtes se

(1) L'abbé Hamard, *Préface du traducteur*, p. XXIV.

sont maintenus le plus longtemps et que leur langue se parle encore sur quelques points : tels sont, en France, la Bretagne et en Angleterre le Pays de Galles. — Dans la première de ces deux provinces les signes gravés sur certains menhirs et dolmens, ou sur les vases et autres objets qui en proviennent, sont des plus semblables aux ornements que les paysans bretons brodent encore aujourd'hui sur leurs habits ou sur les harnais de leurs chevaux, signes connus pour avoir fait partie de l'ornementation celtique au moyen-âge et qui se retrouvent sur les plus anciennes monnaies usitées dans la France occidentale : des pièces de ces monnaies ont d'ailleurs été trouvées dans certains dolmens. — Enfin des inscriptions en *ogham*, c'est-à-dire en caractères celtiques, ont été découvertes dans l'intérieur de plusieurs de ces édifices, gravées de telle façon qu'elles n'ont pu l'être qu'avant la pose et la mise en place des pierres : elles ont donc été tracées par les constructeurs eux-mêmes.

De ce qui précède n'est-il pas légitime de conclure que dans les pays d'origine celtique les monuments mégalithiques qui sont des dolmens, des menhirs et leurs composés, sont eux-mêmes d'origine celtique; que, dans les pays où a prévalu l'élément gaulois, ces monuments, qui sont principalement des tumulus, sont d'origine gauloise (peut-être gallo-romaine), qu'aux Baléares et en Sardaigne les talayots et les nurhaghes viennent des populations autochtones de ces îles, comme les bazinas, les chouchas, les dolmens, cairns, tumulus et alignements du nord de l'Afrique sont probablement d'origine arabe? Par analogie l'on est amené à admettre au moins comme chose très probable, que partout où se rencontrent des mégalithes, ces monuments doivent être attribués aux populations locales, autochthones ou immigrées.

Ce n'est là sans doute qu'une conjecture; mais elle repose sur des données plausibles, et si les preuves intrinsèques lui manquent, on peut dire que tous les faits s'expliquent naturellement avec elle, tandis qu'avec toute autre ils se heurtent sans cesse à des invraisemblances ou à des impossibilités.

VI.

Cette solution de la question d'*origine* des mégalithes offre une affinité inévitable avec celle de leur *âge* et témoigne de leur peu d'ancienneté relative. Ainsi les dolmens et menhirs construits par les Celtes ne peuvent remonter au-delà de l'époque de l'implantation de ce peuple dans notre sol, laquelle ne paraît pas des plus reculées et ne remonterait, en ce qui concerne par exemple le pays de Saint-Nazaire, d'après M. René Kerviler, qu'à six ou sept siècles avant l'ère chrétienne. Il est vrai qu'ils avaient pu, auparavant, occuper la Gaule orientale et n'arriver dans les régions de l'ouest que par suite de l'invasion des Gallas ou Gaulois qui les y aurait refoulés. Mais précisément, nous l'avons vu, les dolmens et les menhirs sont rares dans nos départements de l'est où se rencontrent plus aisément les tumulus; ces derniers au contraire accompagnent presque toujours les dolmens, avec menhirs et cromlechs, et ne sont eux-mêmes, contrairement à beaucoup de ceux de l'est, que des dolmens ou de vastes cists recouverts de terre.

L'argument en faveur d'une plus haute antiquité tiré des *celtæ* ou haches en pierre polie, des pointes et couteaux de silex, etc., trouvés dans les dolmens et les tumulus ne prouve rien autre chose, au contraire, que la non-antiquité de ces mêmes objets : car dans les cists et dolmens intérieurs recouverts de terre où les chances de conservation étaient infiniment plus grandes que dans les dolmens apparents, on a également trouvé des objets de bronze, de cuivre, d'or, et même de fer mêlés à des ouvrages de pierre polie ou éclatée ainsi qu'à des poteries et à des médailles gauloises et romaines (1), et jusqu'à un vase en verre (tumulus du Mané-er-H'roëk près Locmariaker, en Morbihan).

(1) Le fait n'est pas rare et n'est particulier ni à la Bretagne ni même à la France. Dans un tombeau mégalithique des environs de Djidjeli (Algérie), la

La tradition du reste milite en faveur de la même thèse. En Irlande elle attribue l'érection des dolmens aux Dananiens et aux Fir-Bolgs (Belges), deux races dont le débarquement dans cette île paraît contemporain de l'origine de notre ère, ou à peu près. L'un d'eux est considéré comme le tombeau de Fergus, fils de la reine Meave. Les faits se précisent davantage en ce qui concerne les tumulus : Tacite nous apprend que les Germains en élevaient de son temps ; les chants des bardes bretons du VIe siècle révèlent la construction contemporaine de tertres artificiels sur la tombe des grands, laquelle, d'après M. de la Borderie, semble avoir été toujours accompagnée d'un monument mégalithique quelconque (1). Enfin c'est un fait acquis que des tombeaux de ce genre ont été élevés en Suède et en Danemark jusqu'au Xe siècle pour le moins.

Assurément ce serait tomber dans l'exagération que de prétendre ne faire remonter aucun monument mégalithique plus haut que les commencements de l'ère actuelle : les uns ont précédé ces temps, d'autres leur sont postérieurs et il en est qui sont préhistoriques par rapport aux pays dans les-

chambre du dolmen mesurant 2m10 de long sur 1m05 de large, on a trouvé, avec un squelette humain et des ossements de cheval, un mors en fer, un anneau également en fer, un autre anneau et divers autres objets en cuivre ou bronze, des fragments de poterie de fabrication supérieure, des débris d'objets en silex travaillé, et une médaille de l'impératrice Faustine (*Revue archéologique*, VIII, p. 527.—M. Féraud). « Les trois âges, ajoute M. Fergusson, se trouvaient donc représentés dans ce seul tombeau qui pourtant appartient sans aucun doute au second siècle. »

Parmi les matériaux entrant dans les constructions des *bazinas* situés au pied de la chaîne des Aures, M. Leternoux a constaté la présence de pierres taillées, de fûts de colonnes, etc., d'exécution romaine. Un cippe de la dernière époque de Rome trouvé au nombre de ces matériaux, portait une inscription en caractères berbères, semblables à ceux qui existent sur deux pierres levées de forme grossièredont l'une fait partie d'un *cercle* des environs de Bône. (*Monum. mégalith.*, p. 428).

(1) *Les Bretons insulaires et les Anglo-Saxons des* VIe *et* VIIe *siècles*, p. 264. Cité par M. l'abbé Hamard, *loc. cit.*

quels on les rencontre ; mais, dans la question qui nous occupe, nous n'attribuons, nous l'avons dit, à ce terme de *préhistorique*, qu'une valeur relative et locale. Ainsi un dolmen ou un tumulus gaulois ou celtique peut être considéré comme préhistorique du moment qu'il est antérieur à l'arrivée de César dans les Gaules ; il ne le serait pas, bien que construit à date pareille ou antérieure dans des pays comme la Morée, la Judée ou le nord de l'Italie, qui avaient depuis longtemps une histoire.

VII.

Parmi les diverses contrées riches en mégalithes, chacune, nous l'avons dit, se distingue par un style qui lui est propre. Le plus souvent aussi tels des genres dont on a tracé plus haut un essai de classification, dominent d'une manière plus ou moins caractéristique dans certaines contrées, d'autres dans d'autres. Si l'Angleterre est le pays des grands *cercles*, dit M. James Fergusson, on peut dire en revanche que la France est le pays des dolmens. Peut-être serait-il plus exact de dire que ces monuments dominent dans la France de l'ouest et du sud, rive droite du Rhône, la France de l'est étant riche surtout en barrows et tumulus : on ne compterait pas moins, d'après M. Al. Bertrand (1), de 140 mille de ces tertres artificiels, mais sans aucun dolmen, dans les départements de la Côte-d'Or, des Vosges, du Haut-Rhin, du Doubs, du Jura et de l'Ain. Puis, à mesure que l'on avance vers l'ouest on les voit disparaître graduellement en même temps que peu à peu apparaissent les dolmens : le nombre de ceux-ci est d'ailleurs infiniment moindre, soit qu'ils aient été plus difficiles à construire, soit qu'ils aient moins facilement échappé à la destruction, soit probablement pour ces

(1) *Revue archéologique*, nouvelle série, VII, 228. Citée par l'auteur et le traducteur.

deux causes réunies. En tout état voici comment sont groupés les dolmens et allées couvertes dans nos départements français. Nous établissons ce groupement sur les données fournies par M. James Fergusson, rectifiées et complétées par son traducteur tant à l'aide de ses propres recherches que de celles de M. Alexandre Bertrand publiées dans son *Archéologie celtique et gauloise.*

1° Bretagne française (533 dolmens).

Finistère	114	Report	482
Côtes-du-Nord	101	Ille-et-Vilaine	15
Morbihan	267	Loire-Infér^re^	36
à reporter	482	Total	533

2° Normandie et Ile de France entre Seine et Loire (160 dolmens).

		Report	32	Report	117
Manche	15	Orne	19	Seine-et-Oise	13
Calvados	10	Eure-et-Loir	55	Loir-et-Cher	30
Eure	7	Loiret	11		
à reporter	32	à reporter	117	Total	160

3° Maine, Anjou, Touraine, Poitou et Berri (382 dolmens).

		Report	85	Report	169
Mayenne	12	Indre-et-Loire	30	Vendée	103
Sarthe	23	Indre	50	Deux-Sèvres	20
Maine-et-Loire	50	Cher	4	Vienne	90
à reporter	85	à reporter	169	Total	382

4° Saintonge, Angoumois, Limousin et Guienne au nord de la Garonne (564 dolmens).

		Report	98	Report	187
Charente-Inf^re	36	Corrèze	18	Lot	38
Charente	38	Dordogne	64	Tarn-et-Garonne	18
Creuse	24	Gironde	7	Aveyron	321
à reporter	98	à reporter	187	Total	564

5° Languedoc, Auvergne et Forez en remontant la rive droite du Rhône (543 dolmens).

Aude	4	Report	129	Report	513
Tarn	12	Ardèche	226	Cantal	15
Hérault	63	Lozère	155	Puy-de-Dôme	15*
Gard	50	Loire	3		
à reporter	129	à reporter	513	Total	543

Les 40 départements ici énumérés représentent cette zone dont il a été parlé plus haut, bornée au S. E. au sud et au S. O. par la rive droite du Rhône, le golfe de Lion et la rive droite de la Garonne, à l'E. et au N. E. par les rives gauches de la Loire et de la Seine, au nord par la Manche, à l'ouest par le golfe de Gascogne. Le total des dolmens et allées couvertes dont le détail précède n'est pas inférieur à 2182, et ce nombre s'accroîtra sans doute à la suite de recherches et d'explorations nouvelles.

Ce ne sont pas les seuls.

Par le département de l'Aude, la zone qui les contient se rattache à celle des Pyrénées, laquelle, longeant tout le nord de l'Espagne de l'est à l'ouest, se retourne, par le littoral du cap Finisterre (Galice), dans la direction du sud pour traverser le Portugal en diagonale. Moins nombreux sur le

(*) D'après M. l'abbé Hamard quelques nouveaux dolmens ont été signalés récemment dans le Puy-de-Dôme par M. Bouillet.

versant français que sur le versant espagnol des monts pyrénéens, les monuments mégalithiques y sont cependant représentés; on en compte dans cette région une vingtaine, savoir :

Pyrénées-Orientales	10
Ariége	8
Basses-Pyrénées .	5
Total	23

Entre la zone pyrénéenne et le cours de la Garonne on ne connaît pas de dolmen, sauf un dans le département des Landes. Mais dans toute la région du territoire français, — Alsace-Lorraine non comprise — située à l'est et au nord du Rhône et de la Seine, on en cite encore environ 85 disséminés sur toute cette étendue et de la manière suivante : 1 dans le Var, 3 dans les Hautes-Alpes, 3 en Haute-Savoie, voilà pour la partie méridionale; 1 dans la Haute-Saône, 8 dans la Côte-d'Or, 9 dans la Nièvre, 3 dans l'Yonne, 27 dans l'Aube, 2 dans la Haute Marne, soit 50 pour la partie centrale; 2 dans la Marne, 2 dans Seine-et-Marne, 6 dans l'Aisne, 10 dans l'Oise, 4 dans la Somme, 3 dans le Pas-de-Calais, 1 dans le Nord, ce qui nous fait 28 pour le nord de la région. Il est juste d'observer toutefois que le caractère de dolmen est douteux pour les 5 monuments signalés dans le Pas-de-Calais et la Marne. — En les déduisant de l'ensemble, il n'en reste pas moins un minimum de 2286 dolmens et grottes de fées reconnus jusqu'ici dans la France entière.

On remarquera que parmi les provinces ou groupes de départements composant les tableaux des pages 93 et 94, c'est en Bretagne que les dolmens sont proportionnellement le plus nombreux : on en compte 533 pour cinq départements; et que si l'on compare les départements isolément entre eux, celui de l'Aveyron est incomparablement le plus riche puisqu'il comprend à lui seul 321 de ces monuments, dont 18 dans une

seule commune, celle de Saint-Rome-du-Tarn. Ceux-ci, malheureusement, comme tous les monuments mégalithiques du midi, sont peu connus ; néanmoins M. Fergusson les considère, comparativement à ceux du centre et surtout du nord, comme les plus récents, une période de longue durée suivant lui, période qu'il n'estime pas à moins d'une dixaine de siècles, étant nécessaire pour expliquer la construction de la totalité de ces mégalithes. Il considère comme à peu près certain le passage du cist ou de la chambre mégalithique au barrow ou tumulus, et comme probable le passage du tumulus au dolmen apparent simple et de celui-ci au dolmen couronnant un tumulus. Or cette dernière forme, qui ne se rencontre jamais en Bretagne est fréquente dans le midi; tel, par exemple le demi-dolmen de Bosquet (Aveyron) qui surmonte un tumulus flanqué lui-même de plusieurs cercles (fig. 21).

Fig. 21. — Tumulus à cercles, surmonté d'un demi-dolmen, à Bosquet (Aveyron).

On trouve aussi dans le midi des sortes de larges trilithes, en partie taillés, qui accusent un âge de construction moins avancé probablement que ceux représentés plus haut (fig. 14 et 15, p. 84), mais certainement d'une époque plus récente que le dolmen fig. 1 ou que ses analogues de Bretagne, par exemple. La figure 22 représente au premier plan un de ces dolmens déjà perfectionnés, qui existe à Sauclières (Aveyron) et au second plan un autre dolmen couronnant un tumulus à cercles.

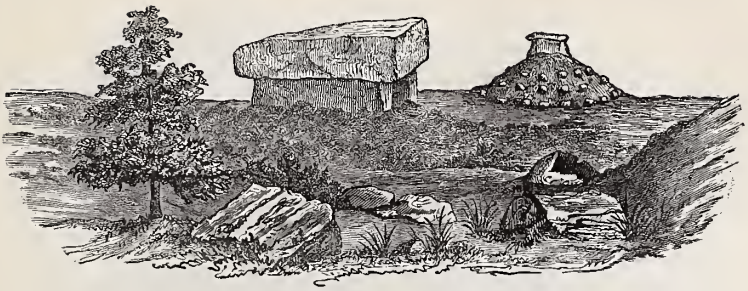


Fig. 22. — Dolmen et tumulus de Sauclières (Aveyron).

Mais il est un degré de perfectionnement qui laisse bien loin derrière lui les trilithes de l'Aveyron et même ceux du nord de l'Afrique, c'est le dolmen dont la table en pierre brute est supportée par des colonnes romanes en style du XIIe ou tout au plus du XIe siècle. On ne connaît, il est vrai, qu'un seul exemple d'un dolmen aussi artistique, c'est celui qui se voit à Confolens, dans la Charente ; primitivement soutenue par cinq colonnes, la pierre tabulaire ne repose plus aujourd'hui que sur quatre des piliers romans dont il vient d'être parlé, et forme comme un énorme dais au-dessus d'un tombeau de même style (fig. 23 et 24).

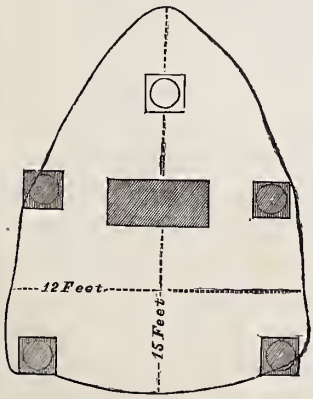


Fig. 23. — Plan du dolmen de Confolens.
(15 *feet* ou pieds anglais de longueur sur 12 de largeur.)

Ainsi voilà bien, en dépit de toutes les subtilités qu'on pourrait objecter, un monument mégalithique construit onze ou douze siècles après Jésus-Christ. Comme le fait très judicieusement remarquer M. Fergusson, cela ne prouve point que tous les dolmens soient modernes ; cela prouve, et c'est suffisant, qu'il s'en est construit depuis les Romains et jusqu'en plein moyen-âge.

Faut-il attacher la même valeur au raisonnement par lequel

Fig. 24. — Vue en perspective du dolmen de Confolens.

le savant archéologue attribue une origine chrétienne au demi-dolmen de Kerland, en Bretagne, parce que ce monument est surmonté d'un Christ en croix? La négative est permise. Il n'y aurait en effet rien d'étonnant à ce que des populations chrétiennes eussent fait servir de piédestal à la croix un monticule artificiel de pierre brute préexistant et d'un accès d'autant plus facile que la pierre tabulaire, relevée d'un seul côté, offre, de l'autre, un plan doucement incliné pour conduire à son sommet (fig. 25); mais ce raisonnement de M. Fergusson garde toute sa force appliqué au lech représenté ci-dessus (fig. 13, p. 76), la croix qui le surmonte ne faisant qu'un seul et même bloc avec le menhir proprement dit, dont la partie supérieure a dû être découpée et taillée en croix avant son érection. Nous avons donc ici, comme dans quelques autres localités de la Bretagne, le menhir d'origine chrétienne dont la date par conséquent ne peut pas remonter plus haut que celle de l'évangélisation de cette province.

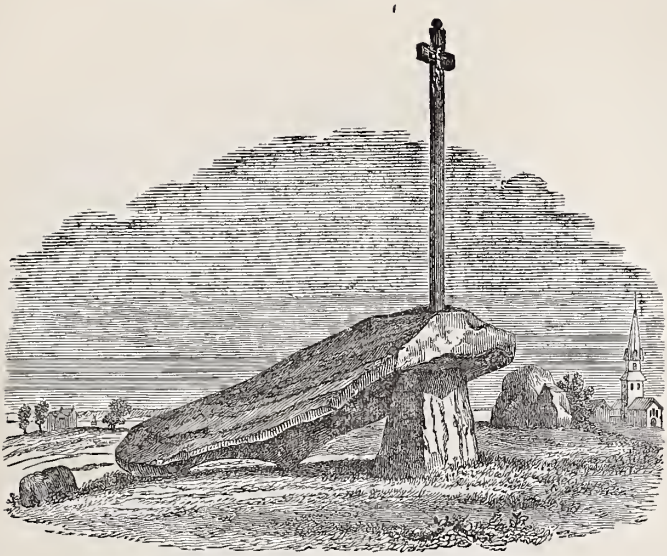
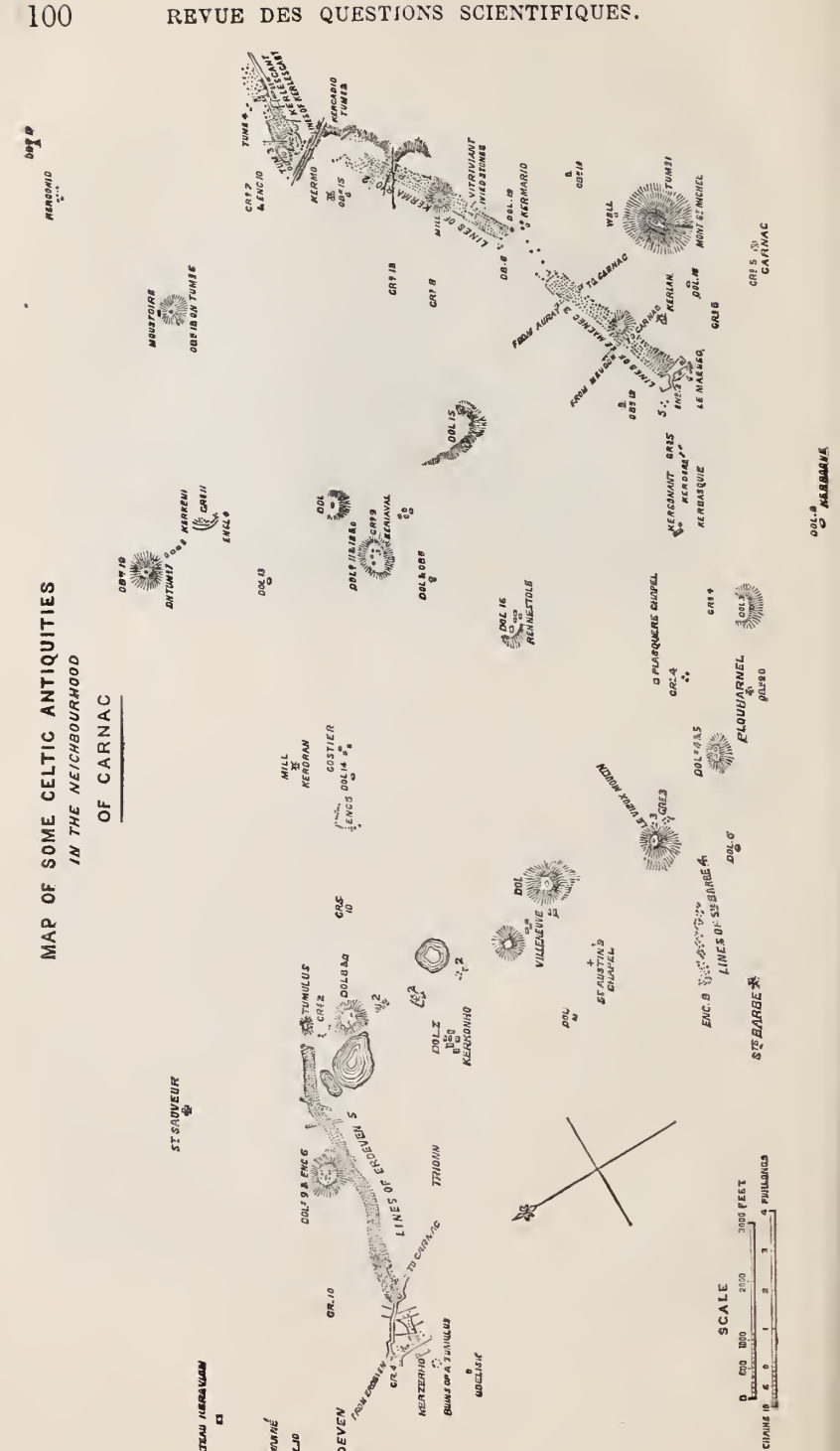


Fig. 25. — Demi-dolmen de Kerland.

VIII.

Les menhirs jouent du reste, avec les dolmens, un rôle important dans l'histoire mégalithique de la terre armoricaine. Il n'est personne qui n'ait plus ou moins entendu parler des *pierres de Carnac* dans le Morbihan : elles font partie d'un ensemble que M. Fergusson appelle « le groupe le plus remarquable de monuments mégalithiques non seulement de France, mais peut-être de l'univers entier. » Ce groupe, compris entre Erdeven au nord-ouest et Tumiac au sud-est, s'étend à peu de distance de la plage du Morbihan, au sud de la ville d'Auray et au nord de la presqu'île de Quiberon : il occupe une zone dont la longueur, du nord-est au sud-est, est de trente kilomètres environ, sa largeur atteignant à peine deux lieues. Carnac et Locmariaker sont les deux localités les plus importants de cette zone et leurs noms se sont étendus aux deux monuments ou groupes de monuments les plus considérables de l'ensemble.


MAP OF SOME CELTIC ANTIQUITIES
IN THE NEIGHBOURHOOD
OF CARNAC
SCALE
CHAINS
FEET
FURLONGS
ST SAUVEUR
ERDEVEN
LINES OF ERDEVEN
TRIDIN
KERKONHO
TUMULUS
VILLENEUVE
ST AUSTIN'S CHAPEL
LINES OF ST BARBE
ST BARBE
FLOUHARNEL
PLASQUERE CHAPEL
KERBASQUE
KERGANANT
LE MAESAG
KERLAN
CARNAC
MONT ST MICHEL
TUMULI
WELL
KERMARIO
VITRIVIANT
KERMARIA
KERMIO
KERCADIO
TUMIA
KERLESCANT
KERESCANT
TUMIA
KERENIAVAL
RENNETOLE
COSTIER
MILL
KERDRAN
MOUSTOIRE
KERKEVI
ANTUMIT
KERDIO
CHATEAU KERDAVAN
LE MORNE
DOLJO
BUILDS OF A TUMULUS
OBELISK
KERZERHO
TO CARNAC
FROM ERDEVEN
LE VIEUX MOULIN
ENC 3
GRES
DOL 4
DOL 5
DOL 6
ENC 8
GR 4
GR 5
GR 6
GR 7
GR 8
GR 9
GR 10
GR 11
GR 12
GR 13
GR 15
GR 16
GR 17
GR 18
GR 19
DOL 13
DOL 14
DOL 15
DOL 16
DOL 17
DOL 18
DOL 19
DOL 20
DOL 21
DOL 22
DOL 23
DOL 24
DOL 25
DOL 26
DOL 27
DOL 28
DOL 29
DOL 30
DOL 31
DOL 32
DOL 33
DOL 34
DOL 35
DOL 36
DOL 37
DOL 38
DOL 39
DOL 40
DOL 41
DOL 42
DOL 43
DOL 44
DOL 45
DOL 46
DOL 47
DOL 48
DOL 49
DOL 50
DOL 51
DOL 52
DOL 53
DOL 54
DOL 55
DOL 56
DOL 57
DOL 58
DOL 59
DOL 60
DOL 61
DOL 62
DOL 63
DOL 64
DOL 65
DOL 66
DOL 67
DOL 68
DOL 69
DOL 70
DOL 71
DOL 72
DOL 73
DOL 74
DOL 75
DOL 76
DOL 77
DOL 78
DOL 79
DOL 80
DOL 81
DOL 82
DOL 83
DOL 84
DOL 85
DOL 86
DOL 87
DOL 88
DOL 89
DOL 90
DOL 91
DOL 92
DOL 93
DOL 94
DOL 95
DOL 96
DOL 97
DOL 98
DOL 99
DOL 100
DOL 101
DOL 102
DOL 103
DOL 104
DOL 105
DOL 106
DOL 107
DOL 108
DOL 109
DOL 110
DOL 111
DOL 112
DOL 113
DOL 114
DOL 115
DOL 116
DOL 117
DOL 118
DOL 119
DOL 120
DOL 121
DOL 122
DOL 123
DOL 124
DOL 125
DOL 126
DOL 127
DOL 128
DOL 129
DOL 130
DOL 131
DOL 132
DOL 133
DOL 134
DOL 135
DOL 136
DOL 137
DOL 138
DOL 139
DOL 140
DOL 141
DOL 142
DOL 143
DOL 144
DOL 145
DOL 146
DOL 147
DOL 148
DOL 149
DOL 150
DOL 151
DOL 152
DOL 153
DOL 154
DOL 155
DOL 156
DOL 157
DOL 158
DOL 159
DOL 160
DOL 161
DOL 162
DOL 163
DOL 164
DOL 165
DOL 166
DOL 167
DOL 168
DOL 169
DOL 170
DOL 171
DOL 172
DOL 173
DOL 174
DOL 175
DOL 176
DOL 177
DOL 178
DOL 179
DOL 180
DOL 181
DOL 182
DOL 183
DOL 184
DOL 185
DOL 186
DOL 187
DOL 188
DOL 189
DOL 190
DOL 191
DOL 192
DOL 193
DOL 194
DOL 195
DOL 196
DOL 197
DOL 198
DOL 199
DOL 200
DOL 201
DOL 202
DOL 203
DOL 204
DOL 205
DOL 206
DOL 207
DOL 208
DOL 209
DOL 210
DOL 211
DOL 212
DOL 213
DOL 214
DOL 215
DOL 216
DOL 217
DOL 218
DOL 219
DOL 220
DOL 221
DOL 222
DOL 223
DOL 224
DOL 225
DOL 226
DOL 227
DOL 228
DOL 229
DOL 230
DOL 231
DOL 232
DOL 233
DOL 234
DOL 235
DOL 236
DOL 237
DOL 238
DOL 239
DOL 240
DOL 241
DOL 242
DOL 243
DOL 244
DOL 245
DOL 246
DOL 247
DOL 248
DOL 249
DOL 250
DOL 251
DOL 252
DOL 253
DOL 254
DOL 255
DOL 256
DOL 257
DOL 258
DOL 259
DOL 260
DOL 261
DOL 262
DOL 263
DOL 264
DOL 265
DOL 266
DOL 267
DOL 268
DOL 269
DOL 270
DOL 271
DOL 272
DOL 273
DOL 274
DOL 275
DOL 276
DOL 277
DOL 278
DOL 279
DOL 280
DOL 281
DOL 282
DOL 283
DOL 284
DOL 285
DOL 286
DOL 287
DOL 288
DOL 289
DOL 290
DOL 291
DOL 292
DOL 293
DOL 294
DOL 295
DOL 296
DOL 297
DOL 298
DOL 299
DOL 300
DOL 301
DOL 302
DOL 303
DOL 304
DOL 305
DOL 306
DOL 307
DOL 308
DOL 309
DOL 310
DOL 311
DOL 312
DOL 313
DOL 314
DOL 315
DOL 316
DOL 317
DOL 318
DOL 319
DOL 320
DOL 321
DOL 322
DOL 323
DOL 324
DOL 325
DOL 326
DOL 327
DOL 328
DOL 329
DOL 330
DOL 331
DOL 332
DOL 333
DOL 334
DOL 335
DOL 336
DOL 337
DOL 338
DOL 339
DOL 340
DOL 341
DOL 342
DOL 343
DOL 344
DOL 345
DOL 346
DOL 347
DOL 348
DOL 349
DOL 350
DOL 351
DOL 352
DOL 353
DOL 354
DOL 355
DOL 356
DOL 357
DOL 358
DOL 359
DOL 360
DOL 361
DOL 362
DOL 363
DOL 364
DOL 365
DOL 366
DOL 367
DOL 368
DOL 369
DOL 370
DOL 371
DOL 372
DOL 373
DOL 374
DOL 375
DOL 376
DOL 377
DOL 378
DOL 379
DOL 380
DOL 381
DOL 382
DOL 383
DOL 384
DOL 385
DOL 386
DOL 387
DOL 388
DOL 389
DOL 390
DOL 391
DOL 392
DOL 393
DOL 394
DOL 395
DOL 396
DOL 397
DOL 398
DOL 399
DOL 400
DOL 401
DOL 402
DOL 403
DOL 404
DOL 405
DOL 406
DOL 407
DOL 408
DOL 409
DOL 410
DOL 411
DOL 412
DOL 413
DOL 414
DOL 415
DOL 416
DOL 417
DOL 418
DOL 419
DOL 420
DOL 421
DOL 422
DOL 423
DOL 424
DOL 425
DOL 426
DOL 427
DOL 428
DOL 429
DOL 430
DOL 431
DOL 432
DOL 433
DOL 434
DOL 435
DOL 436
DOL 437
DOL 438
DOL 439
DOL 440
DOL 441
DOL 442
DOL 443
DOL 444
DOL 445
DOL 446
DOL 447
DOL 448
DOL 449
DOL 450
DOL 451
DOL 452
DOL 453
DOL 454
DOL 455
DOL 456
DOL 457
DOL 458
DOL 459
DOL 460
DOL 461
DOL 462
DOL 463
DOL 464
DOL 465
DOL 466
DOL 467
DOL 468
DOL 469
DOL 470
DOL 471
DOL 472
DOL 473
DOL 474
DOL 475
DOL 476
DOL 477
DOL 478
DOL 479
DOL 480
DOL 481
DOL 482
DOL 483
DOL 484
DOL 485
DOL 486
DOL 487
DOL 488
DOL 489
DOL 490
DOL 491
DOL 492
DOL 493
DOL 494
DOL 495
DOL 496
DOL 497
DOL 498
DOL 499
DOL 500
DOL 501
DOL 502
DOL 503
DOL 504
DOL 505
DOL 506
DOL 507
DOL 508
DOL 509
DOL 510
DOL 511
DOL 512
DOL 513
DOL 514
DOL 515
DOL 516
DOL 517
DOL 518
DOL 519
DOL 520
DOL 521
DOL 522
DOL 523
DOL 524
DOL 525
DOL 526
DOL 527
DOL 528
DOL 529
DOL 530
DOL 531
DOL 532
DOL 533
DOL 534
DOL 535
DOL 536
DOL 537
DOL 538
DOL 539
DOL 540
DOL 541
DOL 542
DOL 543
DOL 544
DOL 545
DOL 546
DOL 547
DOL 548
DOL 549
DOL 550
DOL 551
DOL 552
DOL 553
DOL 554
DOL 555
DOL 556
DOL 557
DOL 558
DOL 559
DOL 560
DOL 561
DOL 562
DOL 563
DOL 564
DOL 565
DOL 566
DOL 567
DOL 568
DOL 569
DOL 570
DOL 571
DOL 572
DOL 573
DOL 574
DOL 575
DOL 576
DOL 577
DOL 578
DOL 579
DOL 580
DOL 581
DOL 582
DOL 583
DOL 584
DOL 585
DOL 586
DOL 587
DOL 588
DOL 589
DOL 590
DOL 591
DOL 592
DOL 593
DOL 594
DOL 595
DOL 596
DOL 597
DOL 598
DOL 599
DOL 600
DOL 601
DOL 602
DOL 603
DOL 604
DOL 605
DOL 606
DOL 607
DOL 608
DOL 609
DOL 610
DOL 611
DOL 612
DOL 613
DOL 614
DOL 615
DOL 616
DOL 617
DOL 618
DOL 619
DOL 620
DOL 621
DOL 622
DOL 623
DOL 624
DOL 625
DOL 626
DOL 627
DOL 628
DOL 629
DOL 630
DOL 631
DOL 632
DOL 633
DOL 634
DOL 635
DOL 636
DOL 637
DOL 638
DOL 639
DOL 640
DOL 641
DOL 642
DOL 643
DOL 644
DOL 645
DOL 646
DOL 647
DOL 648
DOL 649
DOL 650
DOL 651
DOL 652
DOL 653
DOL 654
DOL 655
DOL 656
DOL 657
DOL 658
DOL 659
DOL 660
DOL 661
DOL 662
DOL 663
DOL 664
DOL 665
DOL 666
DOL 667
DOL 668
DOL 669
DOL 670
DOL 671
DOL 672
DOL 673
DOL 674
DOL 675
DOL 676
DOL 677
DOL 678
DOL 679
DOL 680
DOL 681
DOL 682
DOL 683
DOL 684
DOL 685
DOL 686
DOL 687
DOL 688
DOL 689
DOL 690
DOL 691
DOL 692
DOL 693
DOL 694
DOL 695
DOL 696
DOL 697
DOL 698
DOL 699
DOL 700
DOL 701
DOL 702
DOL 703
DOL 704
DOL 705
DOL 706
DOL 707
DOL 708
DOL 709
DOL 710
DOL 711
DOL 712
DOL 713
DOL 714
DOL 715
DOL 716
DOL 717
DOL 718
DOL 719
DOL 720
DOL 721
DOL 722
DOL 723
DOL 724
DOL 725
DOL 726
DOL 727
DOL 728
DOL 729
DOL 730
DOL 731
DOL 732
DOL 733
DOL 734
DOL 735
DOL 736
DOL 737
DOL 738
DOL 739
DOL 740
DOL 741
DOL 742
DOL 743
DOL 744
DOL 745
DOL 746
DOL 747
DOL 748
DOL 749
DOL 750
DOL 751
DOL 752
DOL 753
DOL 754
DOL 755
DOL 756
DOL 757
DOL 758
DOL 759
DOL 760
DOL 761
DOL 762
DOL 763
DOL 764
DOL 765
DOL 766
DOL 767
DOL 768
DOL 769
DOL 770
DOL 771
DOL 772
DOL 773
DOL 774
DOL 775
DOL 776
DOL 777
DOL 778
DOL 779
DOL 780
DOL 781
DOL 782
DOL 783
DOL 784
DOL 785
DOL 786
DOL 787
DOL 788
DOL 789
DOL 790
DOL 791
DOL 792
DOL 793
DOL 794
DOL 795
DOL 796
DOL 797
DOL 798
DOL 799
DOL 800
DOL 801
DOL 802
DOL 803
DOL 804
DOL 805
DOL 806
DOL 807
DOL 808
DOL 809
DOL 810
DOL 811
DOL 812
DOL 813
DOL 814
DOL 815
DOL 816
DOL 817
DOL 818
DOL 819
DOL 820
DOL 821
DOL 822
DOL 823
DOL 824
DOL 825
DOL 826
DOL 827
DOL 828
DOL 829
DOL 830
DOL 831
DOL 832
DOL 833
DOL 834
DOL 835
DOL 836
DOL 837
DOL 838
DOL 839
DOL 840
DOL 841
DOL 842
DOL 843
DOL 844
DOL 845
DOL 846
DOL 847
DOL 848
DOL 849
DOL 850
DOL 851
DOL 852
DOL 853
DOL 854
DOL 855
DOL 856
DOL 857
DOL 858
DOL 859
DOL 860
DOL 861
DOL 862
DOL 863
DOL 864
DOL 865
DOL 866
DOL 867
DOL 868
DOL 869
DOL 870
DOL 871
DOL 872
DOL 873
DOL 874
DOL 875
DOL 876
DOL 877
DOL 878
DOL 879
DOL 880
DOL 881
DOL 882
DOL 883
DOL 884
DOL 885
DOL 886
DOL 887
DOL 888
DOL 889
DOL 890
DOL 891
DOL 892
DOL 893
DOL 894
DOL 895
DOL 896
DOL 897
DOL 898
DOL 899
DOL 900
DOL 901
DOL 902
DOL 903
DOL 904
DOL 905
DOL 906
DOL 907
DOL 908
DOL 909
DOL 910
DOL 911
DOL 912
DOL 913
DOL 914
DOL 915
DOL 916
DOL 917
DOL 918
DOL 919
DOL 920
DOL 921
DOL 922
DOL 923
DOL 924
DOL 925
DOL 926
DOL 927
DOL 928
DOL 929
DOL 930
DOL 931
DOL 932
DOL 933
DOL 934
DOL 935
DOL 936
DOL 937
DOL 938
DOL 939
DOL 940
DOL 941
DOL 942
DOL 943
DOL 944
DOL 945
DOL 946
DOL 947
DOL 948
DOL 949
DOL 950
DOL 951
DOL 952
DOL 953
DOL 954
DOL 955
DOL 956
DOL 957
DOL 958
DOL 959
DOL 960
DOL 961
DOL 962
DOL 963
DOL 964
DOL 965
DOL 966
DOL 967
DOL 968
DOL 969
DOL 970
DOL 971
DOL 972
DOL 973
DOL 974
DOL 975
DOL 976
DOL 977
DOL 978
DOL 979
DOL 980
DOL 981
DOL 982
DOL 983
DOL 984
DOL 985
DOL 986
DOL 987
DOL 988
DOL 989
DOL 990
DOL 991
DOL 992
DOL 993
DOL 994
DOL 995
DOL 996
DOL 997
DOL 998
DOL 999
DOL 1000

Le plan ci-contre, tiré de l'ouvrage de M. Fergusson, donne la topographie des lieux et la situation des mégalithes comprenant le groupe multiple de Carnac, de Sainte-Barbe et d'Erdeven. Au sud-est de cette carte, et se dirigeant du sud-ouest au nord-est, figure un vaste *alignement* qui se développe sur une longueur de trois kilomètres : le point de départ ou la tête de ce monument considérable est situé au Maenec ou Menec, où l'on voit onze rangées parallèles de monolithes, bruts ou peu s'en faut, qui ne mesurent pas moins de $3^{m}30$ à 4^{m} et plus à partir du sol. L'autre extrémité est à Kerlescant, où les rangées sont au nombre de treize. Dans l'intervalle, les menhirs diminuent en hauteur et en nombre; à la rencontre de la route d'Auray à Carnac, ils ont à peine un mètre; un peu au-delà, ils cessent complétement pour reparaître 300^{m} plus loin, à Kermario, sur dix lignes et avec les dimensions et la régularité de ceux du Maenec; ces dimensions diminuent de nouveau peu à peu et sont réduites presque à rien aux approches d'un monticule — peut-être un tumulus — que couronne un *mill* (moulin à vent); au-delà les pierres disparaissent pour se montrer de nouveau à Kerlescant, mais moins hautes, moins régulières qu'au Maenec et seulement sur une longueur de 500^{m}.

Le groupe de Sainte-Barbe, de beaucoup le moins important des trois, est situé au sud d'une ligne de 4 kilomètres qui joindrait Carnac ou plutôt Le Menec à Erdeven. Au sud de ce dernier pays et à peu de distance de la route de Carnac, commence le second en importance des trois principaux monuments de la plaine de Carnac; c'est une sorte d'alignement dirigé sensiblement de l'ouest à l'est (plus exactement, d'après la carte, de l'ouest-nord-ouest à l'est-sud-est) et s'étendant, avec diverses interruptions, sur une longueur de 1600 mètres seulement. Assez confusément distribués à la tête occidentale et variés quand à leurs dimensions, les monolithes qui le composent ne recouvrent une certaine régularité de disposition qu'à la tête orientale, où ils offrent « huit rangées distinctes de pierres semblables à celles de l'extrémité opposée. »

A une demi-lieue au sud-est d'Erdeven est le monument de Sainte-Barbe, le plus modeste, relativement, des trois que nous avons indiqués, en ne tenant pas compte du reste des nombreux dolmens et tumulus dispersés alentour dans toute la plaine. C'est une sorte d'alignement incomplet soit parce que le temps, ce grand destructeur, aurait fait disparaître une partie des pierres qui le composaient, soit parce que ceux qui l'ont construit ont voulu ainsi l'établir : il est surtout remarquable par les dimensions inusitées de quelques-unes des pierres levées placées à sa tête et dont la fig. 26 nous donne la représentation. L'une d'elles, qui n'est pas la plus considérable, mesure en hauteur $5^{m}70$, en largeur $3^{m}40$ et $2^{m}40$ en épaisseur; elle est représentée à l'arrière-plan de la figure.

Fig. 26. — Tête de l'alignement de Sainte-Barbe dans la plaine de Carnac (Morbihan).

Les nombreux dolmens, cists et tumulus répandus dans la plaine entre Kerlescant, Carnac, Sainte-Barbe et Erdeven, se rattachent, l'auteur paraît n'en pas douter, dans un plan

général, aux trois groupes principaux que l'on vient de décrire. Plusieurs ont été fouillés à diverses époques. Dans l'intérieur de celui qui porte le nom de Mont Saint-Michel, au nord-est de la petite ville de Carnac, et qui est surmonté d'une chapelle, on a trouvé, épars dans les diverses chambres d'une cella à compartiments, des *celtæ* ou haches polies en pierre de jade, des pendants d'oreilles et des perles à colliers en jaspe et en turquoise. Une énorme quantité de fragments de poterie dont quelques-uns ont permis de reconstituer les deux vases ci-dessous (fig. 27) a été trouvée dans

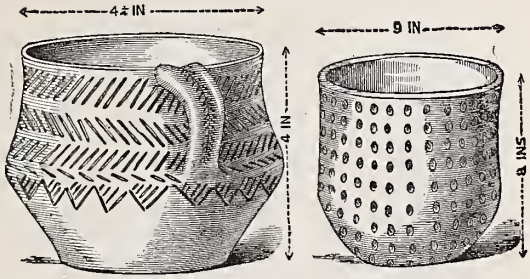


Fig. 27. — Vases trouvés dans un tumulus de Kerlescant, plaine de Carnac.

les deux chambres d'un long-barrow situé à l'extrémité ouest de l'avenue de Kerlescant : ces deux vases sont d'autant plus dignes d'intérêt qu'ils offrent une ressemblance frappante, comme style et mode d'ornementation, avec deux autres vases trouvés avec une épingle de bronze dans le cist d'un tumulus d'Arbor-Low en Derbyshire (Angleterre) (fig. 28) : l'analogie est trop

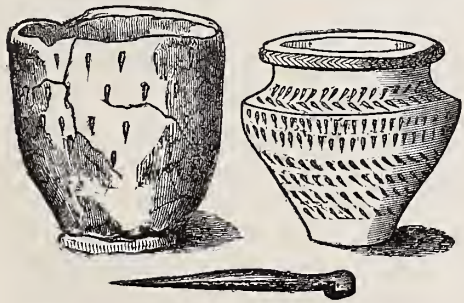


Fig. 28. — Vases et épingle en bronze trouvés à Arbor-Low.

grande entre les vases des deux provenances pour que l'on puisse les rapporter à deux époques sensiblement différentes, et la perfection relativement grande de leurs formes et de leur fabrication ne permet guère non plus de leur attribuer une origine très ancienne. Le tumulus de Kerlescant offre encore une autre similitude avec l'Angleterre : la cella qu'il recouvre est divisée en deux compartiments séparés l'un de l'autre par deux pierres échancrées forment un passage de communication, et un passage analogue est ménagé sur l'une des parois latérales de la chambre (fig. 29).

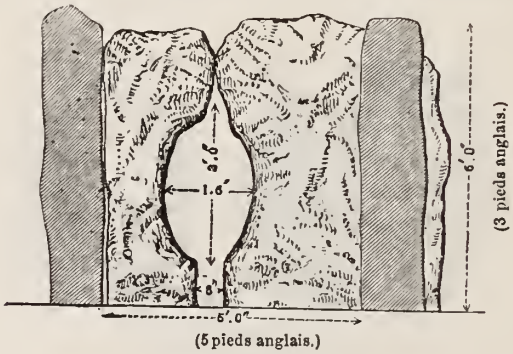


Fig. 29. — Orifice entre deux pierres partageant le cist du long-barrow de Kerlescant en deux compartiments égaux.

Or, dans le comté de Gloucester, il existe sur le côté des longs-barrows de Rodmarton et d'Avening, des ouvertures de forme identique, comme on peut le voir par la figure 30 qui représente l'entrée sur le côté de la cella du premier de ces deux tumulus. De ces traits de ressemblance on doit conclure que les constructeurs des mégalithes de Bretagne et d'Angleterre sont d'époques voisines et de même race. Mais une autre remarque ressort encore de ce mode d'ouverture en côté de certaines *cellæ* et grottes de fées : les grottes de fées sont la forme la plus caractéristique des monuments mégalithiques de France ; il n'existe qu'un seul autre pays où elles soient également abondantes, c'est le

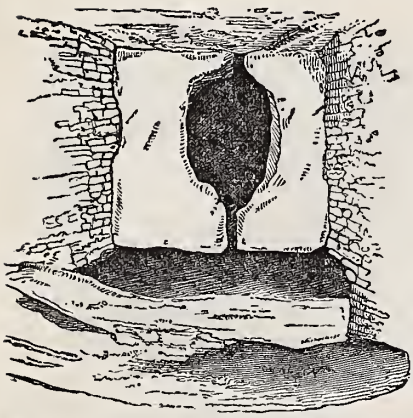


Fig. 30. — Entrée de la cella du tumulus de Rodmarton (Angl.).

Drenthe, en Hollande; mais les allées couvertes de cette province, les *hunebeds*, présentent une particularité qu'on ne retrouve guère ailleurs, si ce n'est sur quelques points des pays scandinaves : leur ouverture, au lieu d'être placée à l'une de leurs extrémités, est pratiquée au contraire au milieu de l'un de leurs grands côtés, contre lequel elle forme une sorte de petite galerie latérale, ainsi que l'indique la fig. 31 représentent la coupe horizontale ou le plan d'un hunebed hollandais.

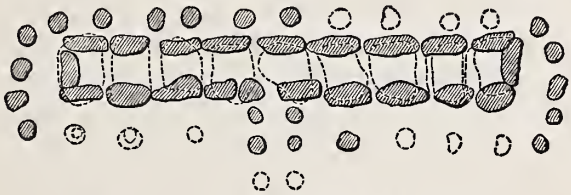


Fig. 31. — Plan d'un hunebed hollandais.

Les ouvertures latérales des cists breton et anglais de Kerlescant et d'Arbor-Low, ne forment-elles par la transition entre la forme primitive, telle que la représente par exemple le dolmen de Krukenho ou Kerkonho, situé entre Carnac et Erdeven parmi les importantes *Pierres de Carnac*, d'une part (fig. 32), — et cette sorte de cella ou grotte artificielle perfectionnée qui a reçu le nom de hunebed? Ces rapprochements, indiqués par la nature des choses, semblent donner au moins l'âge relatif de ces divers monuments.

Quoi qu'il en soit, non-seulement de belle poterie a été

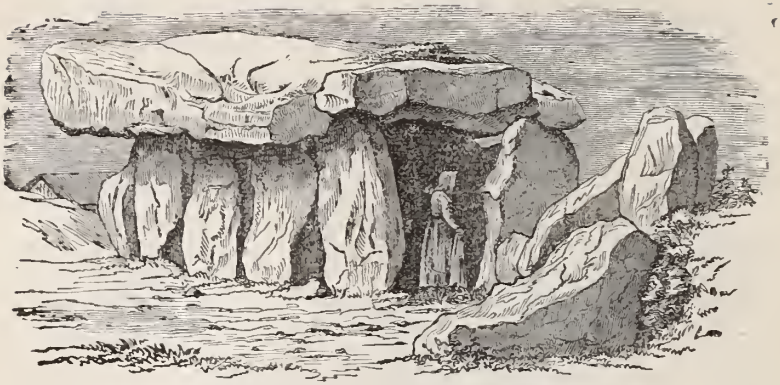


Fig. 32. — Dolmen de Krukenho ou Kerkonho (Morbihan) servant aujourd'hui de remise.

trouvée concurremment à des celtæ et à des ornements en jade, en jaspe et en turquoise remarquablement travaillés et appartenant à la dernière période de ce qu'on est convenu d'appeler l'âge de la pierre polie, mais encore des ornements non moins beaux en bronze et en or, notamment dans deux dolmens situés aux environs de Plouharnel, entre Carnac et Ste-Barbe (voir la *map* ou carte plus haut, page 100). A moins d'un kilomètre au nord de Kerlescant est un long-barrow appelé Moustoire ou Moustoir-Carnac dans l'intérieur duquel on a trouvé quatre sépultures séparées et disposées dans le sens de la longueur (fig. 33) : la première, *a*

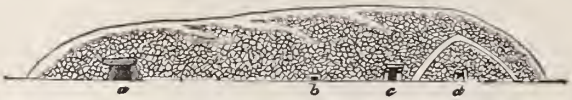


Fig. 33. — Coupe verticale, dans le sens de la longueur, du long-barrow de Moustoir-Carnac (Morbihan).

en forme de dolmen régulier et allongé ou d'allée-couverte, les deux suivantes, *b* et *c*, aussi en forme de dolmens, mais irréguliers, la 4ᵉ, *d*, en forme circulaire, avec de véritables murs, composés de pierres entassées, et un toit formé non

par un ou plusieurs blocs juxtaposés, mais par des pierres chevauchant les unes sur les autres, un peu à la manière d'une voûte. Cette forme, dit sensément M. Fergusson, aussi bien que l'emploi de petites pierres pour la construction des murs, est un indice de l'âge relativement moderne du monument. Un indice plus concluant encore c'est que, indépendamment d'un nombre considérable d'objets ouvrés en pierre, de perles, d'un cylindre en serpentine partiellement perforé, trouvés dans ces chambres funéraires, il s'est rencontré également des tuiles romaines à rebord, sinon dans les cists mêmes, du moins à travers les couches supérieures des pierres formant une partie de la masse. Il n'est donc pas possible, en dépit des objets de bronze et de pierre polie, de faire remonter la construction de ces monuments au-delà de l'époque de la conquête romaine.

Le vaste ensemble des *pierres de Carnac* peut donc être considéré comme de très peu antérieur à l'ère moderne et pas du tout *préhistorique*, au moins dans le sens absolu de ce mot.

Mais que représente cet ensemble?

Pour M. Fergusson, c'est l'emplacement d'un champ de bataille dont les vainqueurs ont voulu perpétuer le souvenir. Peut-être est-ce une bataille gagnée par les tribus celtiques du pays sur les légions romaines, et les sépultures qui s'y trouvent entremêlées seraient celles des principaux chefs morts au champ d'honneur, tandis que les alignements représenteraient la situation des corps d'armée. Quoi qu'il en soit de cette dernière hypothèse, l'interprétation des monuments de Carnac par la représentation d'un champ de bataille n'a rien que d'admissible, si l'on veut considérer qu'il existe en Suède et en Irlande des groupes mégalithiques analogues correspondant à des faits militaires les uns historiquement certains, les autres moins solidement établis mais réunissant encore une très grande somme de probabilités. Tels les chromlechs, cairns et tumulus situés sur les emplacements des batailles dites de Moytura, livrées la

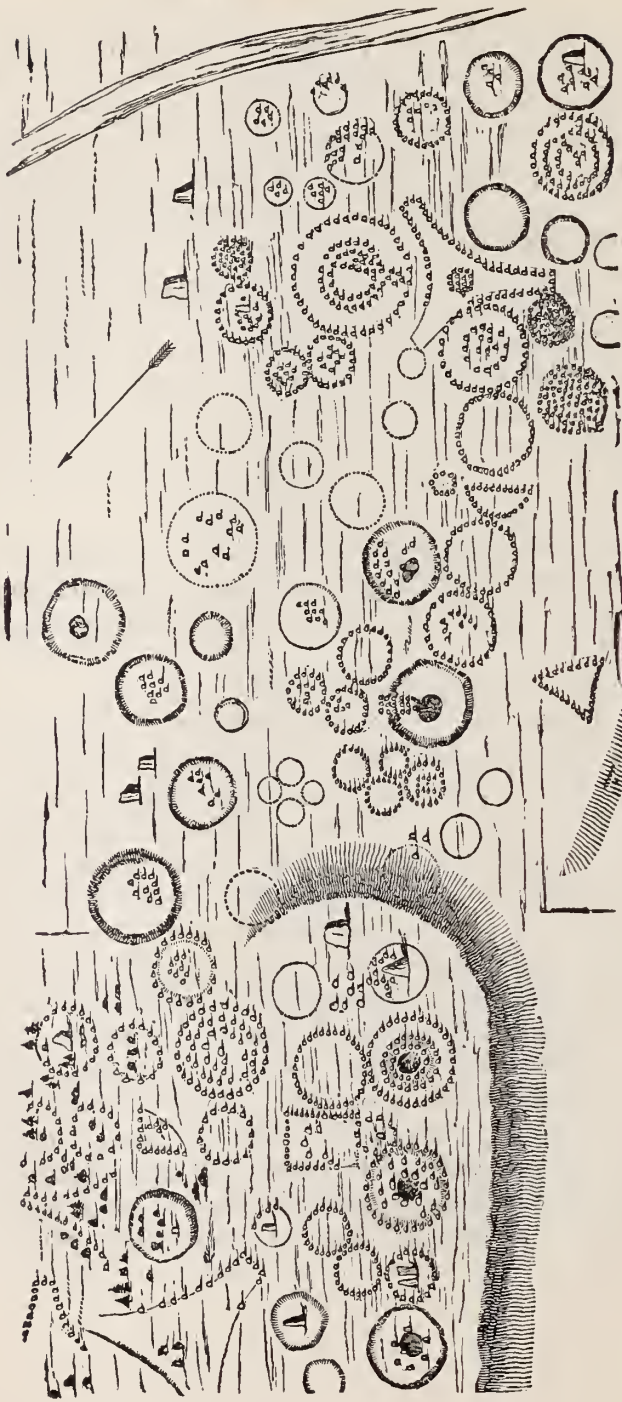


Fig. 34. — Portion du champ de bataille de Braavalla (Suède).

première près de Cong, entre les lacs Mask et Corrib, et la seconde sept ans plus tard près de Sligo (Irlande), par les *Dananiens* envahisseurs contre les *Fir-bolgs* ou Belges, eux-mêmes envahisseurs un demi siècle auparavant. Tels encore les groupes de menhirs, de cercles et de monuments variés des champs de bataille de Kongsbacka (fig. 49, p. 124) près de la côte d'Halmstad en Suède, parmi lesquels on remarque sur une colline un tumulus, dans la plaine un dolmen, désignés tous deux sous le nom de *Tombeaux* du roi *Frode* (an 460 de J.-C.). Tel enfin le champ de bataille de *Braavalla*, combat livré sur la lande de ce nom dans la Gothie orientale, en 736 selon les uns, 750 selon les autres, entre le vieux roi Harald-Hildetand et son neveu Sigurd-Ring. L'emplacement de ce fait militaire, dont la figure 34 représente une partie, est couvert encore aujourd'hui d'une infinité de cercles, d'enceintes triangulaires, carrées, curvilignes, de tumulus, de blocs isolés, etc.

IX.

Non loin des pierres de Carnac, sont celles de Locmariaker et de Gavr'inis, petite île située à 3 kilom. à l'est; elles constituent un ensemble de monuments funéraires, autrement dit un cimetière. Ce qui donne à ces mégalithes un caractère particulier, c'est que plusieurs des pierres dont ils se composent sont plus ou moins travaillées et sculptées. La partie continentale du groupe est comprise dans une zone de 1600 mètres qui s'étend du Mané-Lud (nord) au Mané-er-H'roëk (sud). Au Mané-Lud, non loin d'un long-barrow de 78 m. de long sur 50 de large et renfermant plusieurs tombeaux comme celui de Moustoir, on remarque un vaste cist ou dolmen en partie enfoui, dont la pierre tabulaire atteint les étonnantes dimensions de $8^{m}70$ de longueur sur $4^{m}50$ de largeur, et repose sur huit supports très bruts, mais revêtus cependant de quelques sculptures dont

Fig. 35.—Sculptures du dolmen de Mané-Lud.

Fig. 36.— Sculptures du dolmen de Mané-Lud.

les figures 35 et 36 donnent un échantillon. Circonstance à remarquer : à Carnac nous trouvions des traits de ressemblance entre les monuments qu'on y voit et leurs analogues d'Angleterre ; ici c'est avec les dolmens d'Irlande que s'offrent les analogies. A deux lieues de Drogheda sur la rive septentrionale de la Boyne (1), s'étend de l'est à l'ouest, sur un espace de 3 kilom., un cimetière mégalithique qui comprend, encore aujourd'hui, 17 barrows funéraires ; le plus vaste et le plus connu d'entre eux, le tumulus de New-Grange, contient, parmi les pierres de sa chambre intérieure et de l'allée couverte qui y conduit, un grand nombre d'ornements sculptés, les uns en manière de spirales ou de raies ondulées, d'autres en forme de rameaux, et d'autres enfin en espèce de signes ou de caractères tout à fait comparables à ceux de la figure 36, du dolmen du Mané-Lud (fig. 37). Ailleurs, il existe à Clover-Hill près Carrowmore, champ de bataille du Moytura septentrional, un tombeau de dimensions et d'aspect modestes, mais dans lequel se trouvent des pierres sculptées (fig. 38) dans un style offrant beaucoup d'analogie avec le dessin de notre figure 35, tiré lui aussi, du dolmen du Mané-Lud en Morbihan.

Fig. 37. — Dessins gravés sur les pierres du cist intérieur de New-Grange.

Le plus remarquable des monuments du groupe de Lockmariaker, au moins

(1) Dans le comté de Louth, au nord de celui de Dublin.

Fig. 38.— Dessins gravés sur les pierres d'un tombeau à Clover-Hill (Irlande).

quant au travail qu'ont subi plusieurs des pierres qui le composent, est un dolmen situé non loin du Mané-Lud et connu sous le nom de : *la Table des marchands.* C'est une immense pierre, épaisse de un mètre, large de près de trois ($2^{m}70$), longue de plus de cinq ($5^{m}40$), qui repose sur trois supports, et qu'accompagne une autre pierre beaucoup plus petite qui semble lui former comme un porche ou vestibule. L'auteur fait remarquer que le mode d'appui sur trois points seulement s'observe dans la plupart des dolmens apparents « les architectes d'alors ayant compris de bonne heure combien il était difficile de les faire reposer sur un plus grand nombre de supports » (fig. 39). Là

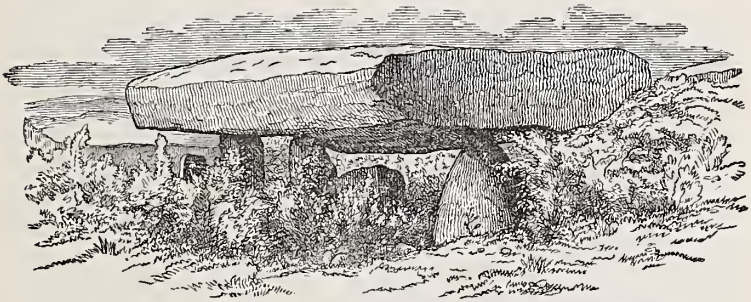


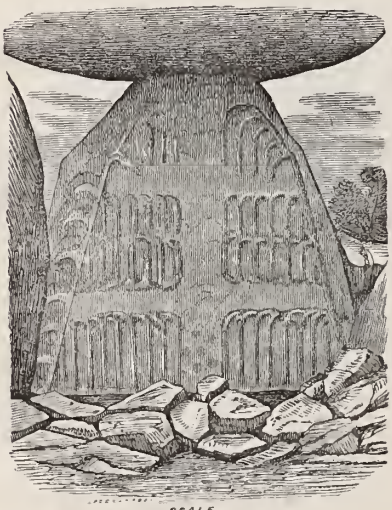
Fig. 39. — La *Table des marchands* au Mané-Lud (Morbihan).

n'est pas du reste la cause de l'importance particulière de ce monument : elle est surtout dans la taille et les sculptures de quelques-unes des pierres qui le composent. A la voûte on distingue assez nettement la gravure d'une hachette surmontée d'une sorte de plume ou de panache (fig. 40), et M. Ferguson, auteur souvent cité par M. James Fergusson, croit avoir discerné, parmi les autres sculptures de cette

Fig. 40. — Dessin gravé à la voûte ou au plafond de la *Table des marchands*.

voûte, la forme d'une charrue. L'un des supports, celui qui est situé à l'extrémité orientale, est taillé sous l'aspect d'une portion de triangle sphérique équilatéral, et cette surface est couverte de sculptures formant des ornements sans signification apparente (fig. 41).

En comparant la *Table des marchands* au dolmen de Krukenho (fig. 32, p. 106)qui en est si rapproché par la distance et les dimensions, on peut conclure de leurs différences, soit que le dernier, moins travaillé et plus brut dans le détail, est plus ancien, soit plutôt que celui-ci, très beau cist construit comme une chambre intérieure de tumulus, a été dressé hâtivement pour ériger de suite un monument funéraire à quelque chef militaire considérable — interprétation qui s'accorde remarquablement avec la situation de ce monument sur un champ de bataille, — tandis que le premier, situé dans un cimetière, serait un monument construit tout à loisir, avec luxe, peut-être d'avance et sous la direction du personnage même auquel il était destiné.



(Échelle de 3 pieds anglais.)

Fig. 41.—L'un des supports de la *Table des marchands*.

Tous les monuments du reste qui se rattachent à Locmariaker sont plus ou moins revêtus d'ornements sculptés, les uns figurant des celtæ, des signes analogues à des caractères, des

palmes ou bien des spirales et cercles concentriques semblables à ceux du monument de New-Grange en Irlande. Dans le tumulus du Mané-er-H'roëk, dont l'une des pierres est couverte aussi de hachettes sculptées, on a trouvé une infinité de celtæ en pierre polie, toutes brisées, mêlées avec une douzaine de médailles romaines.

Enfin à Tumiac et surtout dans la petite île des chênes (Gavr'inis) qui lui fait face, on retrouve encore, sur les pierres des dolmens, cists, etc., des sculptures dont le dessin est tout à fait comparable, quoique d'une exécution moins parfaite, à ceux qui existent dans les monuments analogues de New-Grange, Dowth (comté de Louth) et Lough-Crew (près d'Oldcastle, comté de Meath) en Irlande.

En dehors du vaste ensemble mégalithique qui s'étend d'Erdeven à Tumiac (Carnac et Locmariaker), il existe en France trois autres groupes non moins dignes d'intérêt quoique beaucoup moins connus. Deux sont encore le lot de la Bretagne : le premier est situé dans la petite presqu'île de Crozon qui forme l'extrémité orientale du département du Finistère, et se compose de trois *alignements* désignés, du nom des lieux où ils se rencontrent, sous les appellations de Kerdouadec, Leuré et Carmaret. Le second, le *Gré-de-Cojou*, se voit à mi-chemin entre Redon et Rennes, dans l'Ille-et-Vilaine, et comprend deux alignements, un grand nombre de dolmens et quelques tumulus, dont l'un, chose rare en Bretagne, est surmonté d'un cercle. Le troisième de ces groupes appartient au midi ; il se trouve sur le territoire de la commune de Junies près Preissac (Lot), et s'étend sur une longueur de près d'un kilomètre. Il est bien moins connu encore que les deux précédents, et les descriptions qui en ont été données, n'étant accompagnées d'aucune figure, ne jettent que bien peu de jour même sur sa forme et sa destination.

Peut-être existe-t-il, dans nos départements méridionaux, si riches en mégalithes et cependant si peu étudiés sous ce rapport, d'autres groupes d'une importance égale : il est

même permis de considérer la chose comme probable. Mais tant que de nouvelles explorations n'auront pas donné lieu de les signaler, ils demeureront profondément inconnus.

X.

On a dit plus haut que l'Angleterre est le pays des *cercles* comme la France est celui des dolmens. C'est dans la Bretagne insulaire en effet que ce style mégalithique est le plus florissant. Deux des plus célèbres monuments affectant cette forme sont ceux d'Avebury et de Stonehenge, dont les restes sont encore assez nombreux et assez conservés pour qu'on ait pu les reconstituer théoriquement ou les *restituer*, pour emprunter ici un terme à la paléontologie. Et d'abord une particularité à noter, c'est l'enceinte continue en terre ou en pierres amoncelées qui entoure fréquemment les cercles mégalithiques anglais : en terre, l'enceinte se compose d'un talus obtenu au moyen d'un fossé circulaire dont on a rejeté le déblai au dehors, tel que celui de l'immense cercle d'Avebury au nord-est de Devizes dans le Wilts, qui mesure 360 mètres de diamètre et couvre une surface de plus de dix hectares. La fig. 42 en représente le plan en perspective, tel du moins que les travaux des antiquaires ont permis de le restituer ou restaurer.

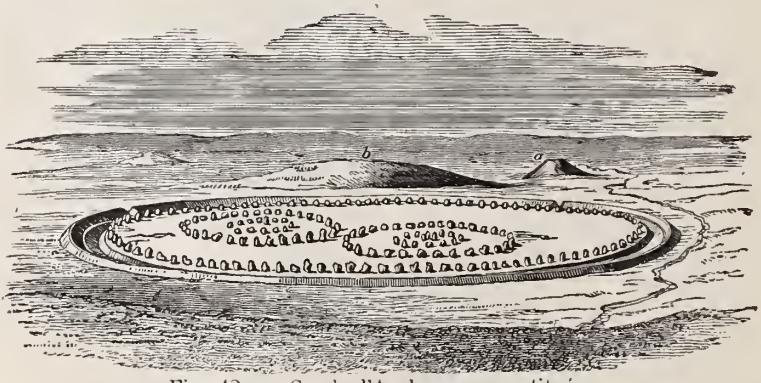


Fig. 42. — Cercle d'Avebury, reconstitué.

Sur le bord intérieur du fossé devait se trouver un cercle composé d'une centaine de pierres espacées moyennement de dix mètres; et dans l'intérieur de ce cercle d'enceinte, mais en dehors de l'alignement de son diamètre, quatre autres cercles plus petits concentriques deux à deux. Aux arrière-plans se voient trois monticules dont les deux moins éloignés représentent : *b* le long-barrow de Waden, *a* le tumulus de Silbury, et le plus lointain celui de Hakpen ou Haca's Pen, lui-même entouré ou couronné de deux cercles de pierres légèrement allongés ou elliptiques, renfermés l'un dans l'autre et précédés d'une avenue dirigée vers Silbury-Hill.

Au centre du double cercle de droite, de 105 mètres de diamètre extérieur, était un cist ou dolmen à trois supports; un menhir occupait seul le centre du cercle de gauche d'un diamètre un peu moindre (98 mètres). Une avenue de pierres debout de 4500 pieds anglais (1350 mètres) de longueur, dite avenue de Kennet, aboutit au cercle d'enceinte dans la direction du sud-est au nord-ouest, mais en quelque sorte de travers, c'est-à-dire sous un certain angle avec le diamètre, au lieu de suivre le prolongement de celui-ci. »

Par une série de considérations qu'il serait trop long de résumer ici, l'auteur arrive à cette double conclusion que les cercles d'Avebury et les deux tertres de Waden et Silbury forment un ensemble destiné à perpétuer le souvenir d'une bataille, et que leur origine est postérieure à l'occupation romaine : quant à Hakpen, ses pierres beaucoup plus petites, sa forme différente et son avenue dirigée vers Silbury semblent indiquer que ce dernier monument existait avant lui.

Le cercle de Stonehenge (1), quant aux pierres qui composent sa partie centrale (2), revêt un tout autre caractère.

(1) Stonehenge est situé un peu plus loin au sud-est de Devizes que Avebury au nord-est, et se rapproche par conséquent de Salisbury.

(2) Le cercle de pierres occupe le centre d'un cercle fait d'une levée de terre sur un diamètre de 365 pieds anglais, soit environ 100 mètres.

Le style en est fort différent. Autant qu'on a pu le reconstituer, d'une manière certaine pour tels et tels de ses détails, probable pour les autres, il comprenait dans l'intérieur d'une enceinte de 30 mètres de diamètre et parfaitement circulaire de menhirs équarris réunis par une sorte d'architrave régnant à leur sommet, une sorte de fer à cheval composé de cinq trilithes dont les hauteurs, égales symétriquement deux à deux, se graduaient de $4^{m}90$ aux deux extrémités jusqu'à $6^{m}50$, dimension du grand trilithe, formant le sommet de la courbe.

Ces trilithes sont peut-être, dans leur simplicité grandiose, dit M. Fergusson, la plus belle œuvre que l'art mégalithique ait jamais produite. « Les Égyptiens et les Romains élevèrent des pierres plus considérables, mais ils détruisirent leur grandeur par les ornements dont ils les chargèrent. On peut dire que les blocs simplement équarris de Salisbury n'ont pas été égalés pour la magnificence dans le style qui leur est propre. »

La disposition primitive de ce monument aujourd'hui en partie renversé est donnée par la figure 43 qui le représente en projection horizontale. Les cinq magnifiques trilithes y sont figurés par cinq couples. Des pierres levées plus petites, (2^{m}, 30 et moins de hauteur), probablement disposées également en trilithes formaient une rangée de même forme au dedans de l'enceinte ouverte en fer à cheval, et vers le foyer de cette courbe gît encore une sorte de banc, en forme de parallèlipipède rectangle allongé, qui reposait peut-être sur deux blocs cubiques, formant ainsi un trilithe d'une hauteur moindre. Cette pierre a reçu le nom de l'*Autel*.

Les pierres de Stonehenge ne méritent la qualification de brutes que d'une manière très relative, et comparativement à celles d'Avebury par exemple, elles mériteraient plutôt d'être appelées pierres délicatement taillées : chacune de celles qui étaient dressées verticalement avait un tenon à sa surface et chaque architrave horizontale une ou deux mortaises s'y emboîtant très exactement. — Une autre particularité digne

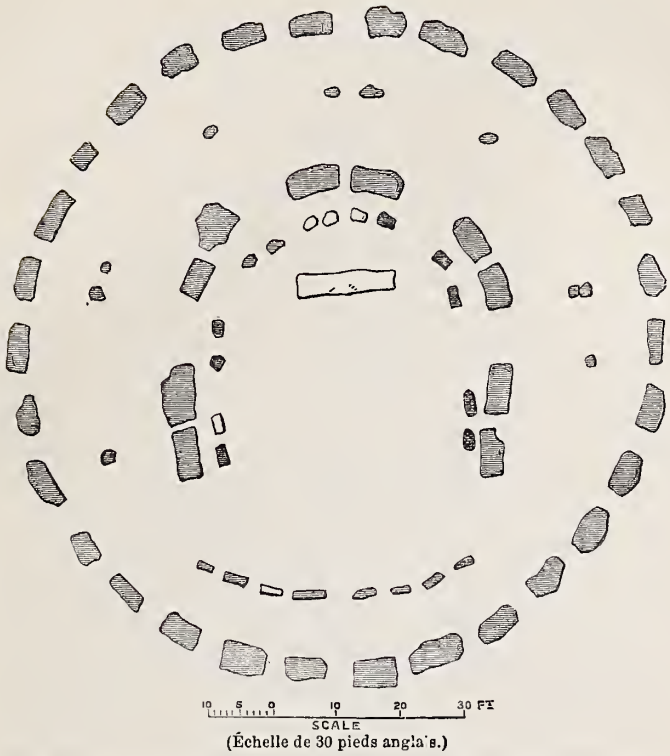


Fig. 43. — Plan du cercle intérieur de Stonehenge, reconstitué.

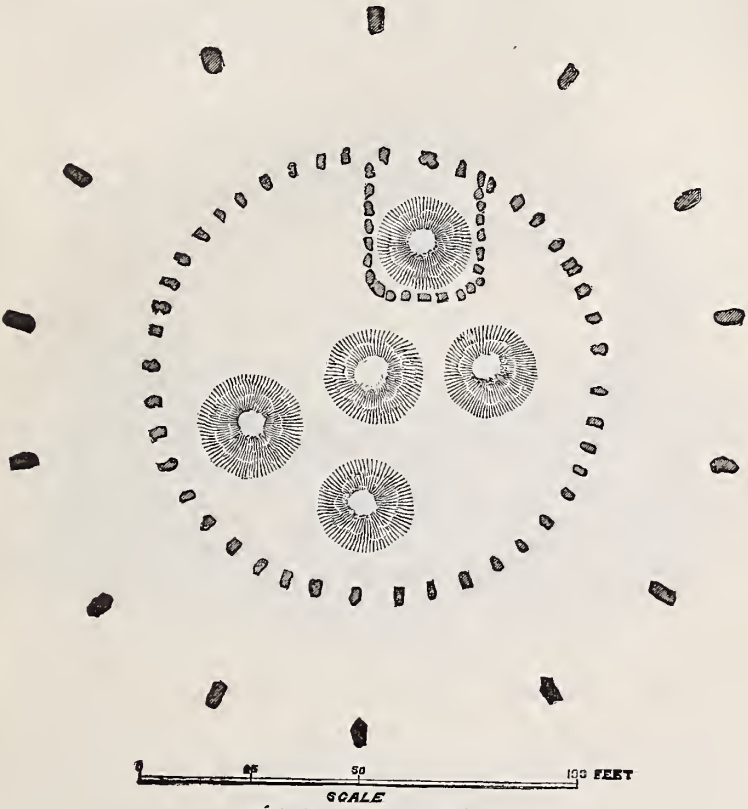
d'intérêt est la diversité de nature de ces pierres entre elles; celles des grands trilithes proviennent de blocs erratiques en grès siliceux, abondants entre Swindon et Salisbury; mais celles du cercle intérieur, appelées *pierres bleues* dans la localité, sont d'origine ignée et d'espèces diverses, et les contrées les plus rapprochées où l'on en puisse trouver de semblables ne sont rien moins que le Cornouailles, le pays de Galles et surtout l'Irlande.

Le transport de ces pierres à travers de telles distances, la taille qu'elles ont subie, le plan même de l'édifice auquel elles concourraient, ne sauraient se concilier avec l'état de sauvagerie des habitants des Iles Britanniques avant l'occupa-

tion romaine. D'ailleurs les fouilles pratiquées au pied des pierres encore debout ou sur l'emplacement même de celles qui sont tombées, ont amené la découverte d'armes et de têtes de flèche en fer, de cornes et de débris de têtes de cerfs et d'autres animaux, divers fragments de poterie romaine d'un beau noir et de grossière poterie bretonne. Le monument ne saurait donc être antérieur à l'occupation romaine; il n'est pas admissible qu'il ait été construit par les Romains eux-mêmes, et à moins qu'on n'admette, chose difficile à concevoir, qu'il l'ait été par les insulaires sous l'influence actuelle de la domination des Romains, il faut bien se résigner à lui attribuer une origine post-romaine. Quelle serait d'ailleurs la destination de ce monument? L'explication la plus plausible et la plus vraisemblable serait celle d'une sorte de monument expiatoire ou de cénotaphe dressé, par les soins du roi breton Aurelius Ambrosius, successeur de Vortigern, à la mémoire des trois cents chefs bretons massacrés dans un festin par le Saxon Hengist, à Thanet près la côte de Kent. L'origine du cromlech de Stonehenge aurait ainsi sa date fixée dans les commencements de la seconde moitié du ve siècle, vers 466 ou 470, puisque le massacre de Thanet eut lieu en 462, et que c'est quatre ans après qu'Aurelius vainquit définitivement Hengist. — Plus tard le même monument aurait servi à la sépulture d'autres guerriers illustres dans leur temps.

Avebury et Stonehenge suffisent pour donner une idée du style et du cachet particulier des cercles mégalithiques anglais et pour permettre d'apprécier l'opinion, nouvelle mais fondée sur les données d'une saine critique, qui rattache ces monuments à la période de luttes et d'envahissements divers dont l'Angleterre fût le théâtre après la chute de la puissance romaine. Monuments essentiellement funéraires, ils accusent quelquefois cette destination d'une manière évidente comme le cercle de Mule-Hill dans l'île de Man, exclusivement composé de cists construits bout à bout, ou comme ceux de Burn-Moor (Cumberland) formés d'une double rangée de menhirs,

enceignant cinq petit cairns dont l'un est même entouré d'une enceinte particulière de forme sensiblement carrée (fig. 44).



(Échelle de 100 pieds anglais.)

Fig. 44. — Cercles et Cairns de Burn-Moor (Cumberland).

Ce n'est pas à dire, au surplus, que l'on ne rencontre pas en Angleterre d'édifices mégalithiques des autres classes. Les dolmens n'y sont pas rares, libres ou enfermés dans des tumulus : libres, ils semblent avoir eu pour but de réaliser un type de grandiose et de puissance que leurs constructeurs se flattaient, non sans quelque raison, d'atteindre en employant les blocs les plus considérables qu'il leur fût possible

de mouvoir et d'élever. Tel est, notamment l'unique dolmen du pays de Galles, formant le centre d'un groupe de 80 cairns et plus, dans la presqu'île de Gower à l'ouest de Swansea (Glamorgan) (fig. 45). On le nomme, dans le pays : le *Palet du roi Arthur*. Il est situé au milieu d'une enceinte formée

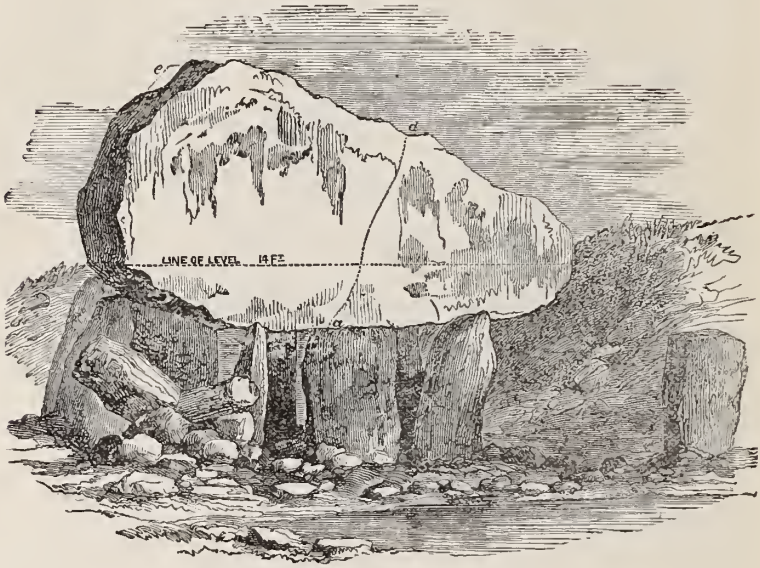


Fig. 45. — Le Palet du roi Arthur, dans le comté de Glamorgan.

d'un léger remblai de terres relevées, et sa pierre supérieure, dont deux fragments considérables se sont détachés, mesure encore $4^m,35$ de longueur sur une hauteur de $2^m,20$ et une largeur de 2 mètres. Primitivement cette pierre reposait sur une dizaine de supports dont deux sont tombés ; et parmi ceux qui sont restés debout, quatre seulement lui servent de points d'appui. Ce dolmen serait un monument commémoratif de la huitième bataille livrée aux Saxons par le roi Arthur, dans le pays de Galles.

XI.

L'Irlande est aussi riche que la France, beaucoup plus peut-être, en édifices de pierre brute, et s'ils y étaient tous connus, la *Verte Erin* serait la terre promise des antiquaires mégalithiques. Les explorations et les études dont ces monuments ont été l'objet sont malheureusement peu nombreuses : mais si peu qu'elles le soient, elles n'en ont pas moins révélé les plus intéressants spécimens de cette architecture primitive. Les cairns, les tumulus à chambres, les dolmens et allées couvertes y sont tous remarquables, et c'est parmi eux que l'on trouve le plus de dessins divers sculptés ou gravés sur la pierre.

En Écosse nous retrouvons, en moins grand nombre, des cercles dans le style de ceux de l'Angleterre. Nous y trouvons aussi des pierres sculptées d'un caractère ornemental tout autrement perfectionné qu'en Bretagne et en Irlande et sur lesquelles la croix, comme sujet principal, accuse nettement une origine chrétienne. La plus remarquable, érigée à Aberlemno entre Brechin et Forfar (fig. 46), ne se rapporte exactement à aucune des définitions données au commencement de cette étude ; indépendamment de l'ornementation qui la caractérise, elle est très régulièrement taillée et sa largeur proportionnelle est plus grande que celle des obélisques ou des menhirs proprement dits. Cependant c'est de la classe des menhirs évidemment qu'elle se rapproche le plus. Un souvenir historique s'y rattache dans la tradition populaire : elle aurait été érigée en commémoration d'une victoire remportée sur les Danois, à Loncarty (Comté de Forfar) à la fin du xe siècle. Ce qu'il y a de certain, c'est que les ornements sculptés sur la croix même et autour d'elle, se rapportent exactement à ceux des manuscrits écossais et irlandais des VIIe et VIIIe siècles, et, circonstance des plus curieuses, ne se rencontrent nulle part ailleurs si ce n'est dans les églises d'Arménie ! Mais pourquoi cette pierre dres-

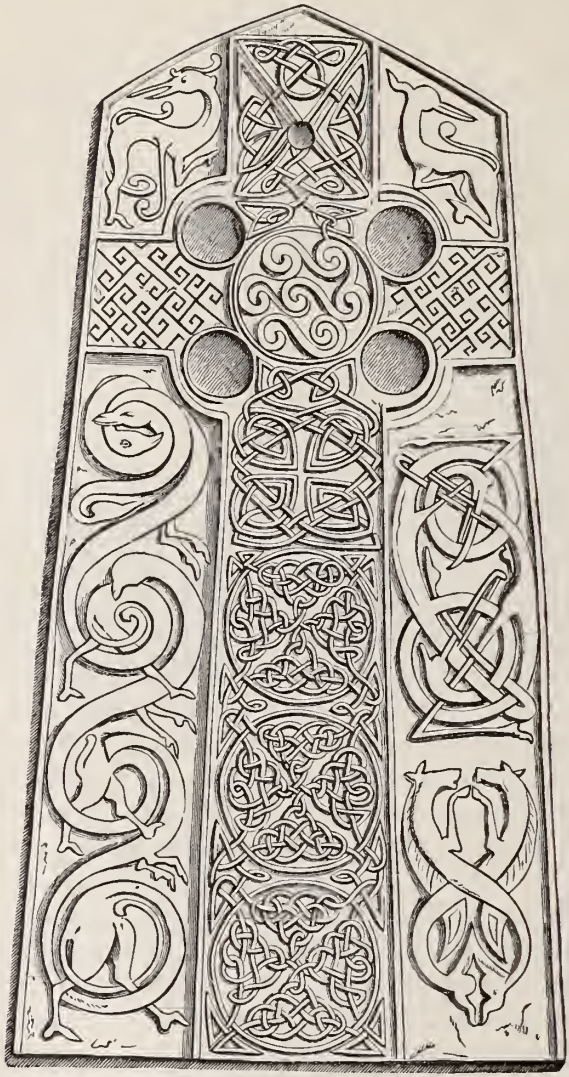


Fig. 46.—L'une des deux faces de la pierre sculptée d'Aberlemno (Écosse).

sée ne porte-t-elle aucune inscription destinée à perpétuer le souvenir de l'événement auquel elle se rapporte? Les ar-

tistes qui en ont sculpté les ornements avec la perfection que ceux-ci atteignent devraient être aussi bien en état de tracer une inscription. Les Scandinaves ont érigé des croix d'une forme analogue mais ils n'ont eu garde d'y omettre la légende explicative. On en voit une dans l'île de Man qui est bien scandinave, car elle porte sur le côté une inscription en caractères runiques dont la traduction serait : « Sandulf-le-Basané érigea cette croix à sa femme Arnbjorg. »

Sur une autre croix de forme identique (fig. 47) l'inscription placée sur le côté signifie : « Mal-Lumkun érigea cette croix à son père nourricier Mal-Muru. »

Fig. 47. — Croix portant sur le côté une inscription runique (Ile de Man).

Les noms propres de la première inscription sont scandinaves, ceux de la seconde sont gaëliques. Des monuments semblables ont donc pour constructeurs des hommes de races différentes se conformant aux coutumes des mêmes temps.

Les menhirs proprement dits sont du reste nombreux en Scandinavie et dans l'Allemagne septentrionale, qui ne fait guère avec elle qu'une seule contrée au point de vue mégalithique. Les dolmens et les tumulus y sont généralement entourés d'un ou plusieurs cercles ou d'enceintes carrées, tels que les représente la figure 48. Les chambres des tumulus y sont spacieuses et soignées, comme en témoignent les figures 8 et 9 ci-dessus (p. 72). Lorsqu'un dolmen ou un cist offre une forme allongée, l'ouverture en est souvent, à l'exemple des hunebeds de la Hollande, placée sur l'un des grands côtés et allongée elle-même en forme de galerie perpendiculaire à ce côté.

Des champs de bataille, en Suède comme en Angleterre et en France, ont été représentés sur le sol par des groupes de menhirs. Nous avons cité plus haut ceux de Braavalla et de

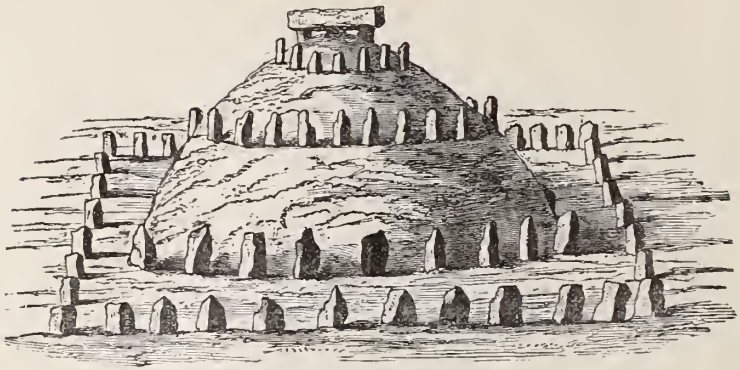


Fig. 48. — Type d'un tumulus scandinave, d'après Sjöborg.

Kongsbacka (p. 109). Ce dernier est représenté par la figure 49 qui en donne la perspective vue de loin. Sauf la

Fig. 49. — Vue du champ de bataille de Kongsbacka (Suède).

régularité, cet ensemble offre la plus grande analogie avec celui de Carnac. Si l'identité du souverain au règne duquel il se rapporte (Frode V en 460) n'est pas certaine, il n'est pas douteux cependant que ce groupe ne soit situé sur l'emplacement d'une ou de plusieurs batailles livrées par un roi Frode, et ce fait donne par analogie une preuve nouvelle quoiqu'indirecte de la destination pareille des monuments de Carnac.

Ne serait-on pas tenté, à première vue, d'expliquer par une interprétation semblable le groupe, — ou plutôt la collection de groupes, — de véritables menhirs de la gravure ci-des-

sous (fig. 50)? Ici, pourtant et malgré toute apparence d'analogie, on se tromperait du tout au tout. Ce groupe est

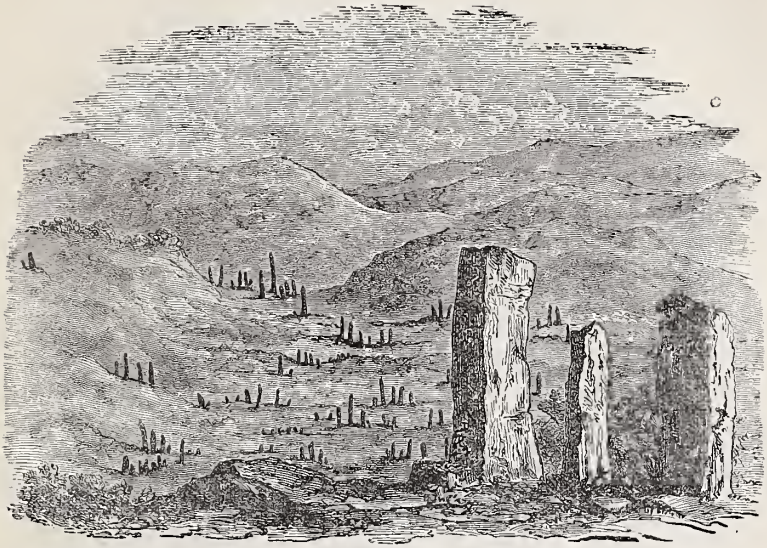


Fig. 50. — Une vallée à menhirs dans les monts Cossya (Hindoustan).

une vue des monts hindous appelés Khassias ou Cossya et situés entre la chaîne d'Assam qui borde la vallée du haut Brahmapoutra, et les plaines de Silhet. Les peuplades qui les habitent vivent dans un état voisin de l'état sauvage et élèvent journellement des menhirs semblables à ceux-ci, lesquels ne sont que des espèces d'ex-voto. Chaque fois qu'un naturel du pays a une faveur à obtenir ou un malheur à éviter, il s'adresse aux mânes de ses plus proches parents, père, mère, oncle, tante, aïeul, etc. Quand il croit avoir été exaucé il dresse un menhir en l'honneur du mort auquel il attribue la réussite de son vœu. Cette coutume s'exerçant souvent et se pratiquant, vraisemblablement depuis une suite immémoriale de générations, il n'est pas étonnant que la multitude des monuments de pierre brute soit telle dans les monts Cossya « qu'il serait probablement impossible de trouver une

portion du globe de même étendue qui en contînt davantage. » Les menhirs ne sont pas les seuls de ces monuments : on y rencontre aussi des trilithes et des dolmens plats et à supports plus ou moins bas ou élevés appelés *tables*, présentant parfois une surface de 30 à 40 mètres carrés ; leur destination est moins bien connue. Mais l'absence complète de cercles, d'alignements, de tumulus, de toute sculpture parmi les mégalithes du pays des Khassias jointe aux circonstances dans lesquelles leur construction se poursuit de nos jours, ne permet pas de leur appliquer l'interprétation légitime en Bretagne, probable ou certaine en Angleterre, en Irlande et en Suède, qui ferait de ces groupes mégalithiques l'emplacement d'anciens champs de bataille.

Toutefois si l'on repousse cette interprétation pour les monuments de pierre brute de l'Europe; si l'on veut qu'ils soient l'œuvre très lointainement préhistorique d'une seule et même race voyageuse qui aurait porté partout avec elle la coutume d'ériger la pierre brute en frustes monuments, on ne saurait se refuser à constater la similitude parfaite, quant au principal, qui existe entre les mégalithes des pays situés au-delà du Gange et ceux de France, d'Angleterre et de Suède. Et comme la construction des édifices de pierre brute se poursuit aujourd'hui même dans les montagnes du Bengale, il faudrait donc admettre que les montagnards khassias sont les derniers descendants de la race mégalithique, qui, après avoir occupé successivement la Scandinavie, le nord, l'ouest, et le sud de l'Europe, le nord de l'Afrique, certaines parties de la Russie et de l'Asie occidentale, serait venue s'échouer en ce point de l'extrême Orient, où elle se serait perpétuée jusqu'à nos générations. Une telle conception ethnologique, si séduisante qu'elle puisse paraître à quelques esprits, semble bien peu vraisemblable, et si elle explique d'une certaine façon les traits de similitude que les monuments mégalithiques du monde entier présentent entre eux, elle ne rend nul compte des dissemblances majeures qui, à d'autres points de vue, les différentient les uns des autres.

XII.

Mais de ce qu'il est difficile d'admettre l'érection de toutes les pierres mégalithiques du globe par une seule et unique race préhistorique et voyageuse, il n'est pas aussi malaisé de concevoir que des rapports aient pu s'établir à certaines époques entre des peuples même très éloignés les uns des autres, qui se seraient emprunté réciproquement quelque chose de leurs coutumes.

Si de l'Inde transgangétique on passe à l'Inde occidentale on ne peut pas n'être pas frappé des analogies d'ensemble et de détail que présentent les mégalithes hindous avec plusieurs de ceux de nos contrées européennes ou de l'Afrique du nord. Déjà le trilithe khassia (fig. 51) mentionné plus haut fait instinctivement penser à ceux de Tripoli (fig. 14 et 15), mais dans les monts Nilgherries (1) nous retrouvons, avec des dimensions plus uniformes et sauf le nom et la pierre tabulaire de clôture, les chouchas algériens perchés sur le haut des collines (figure 52) : comme en Afrique, ce sont des tombeaux. Ailleurs on retrouve, dans les dolmens et les tumulus, les deux grandes classes de monuments funéraires de l'Occident. Les dolmens de l'Hindoustan affectent une régularité de forme plus grande : la pierre supérieure, carrée et d'épaisseur homogène, repose sur des supports de même forme dont les bords se touchent de façon à

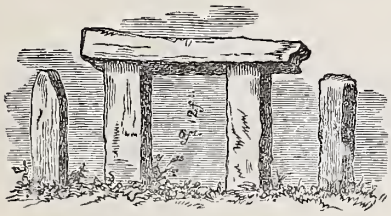


Fig. 51. — Trilithe flanqué de deux menhirs dans les monts Cossya.

(1) Les monts Nilgherries ou Nilgherry constituent, avec les Ghattes et les monts Vindhya, la principale ramification de l'Himalaya au sud du Gange. Ils ne sont pas indiqués dans l'*Atlas universel* anglais de William Hughes.

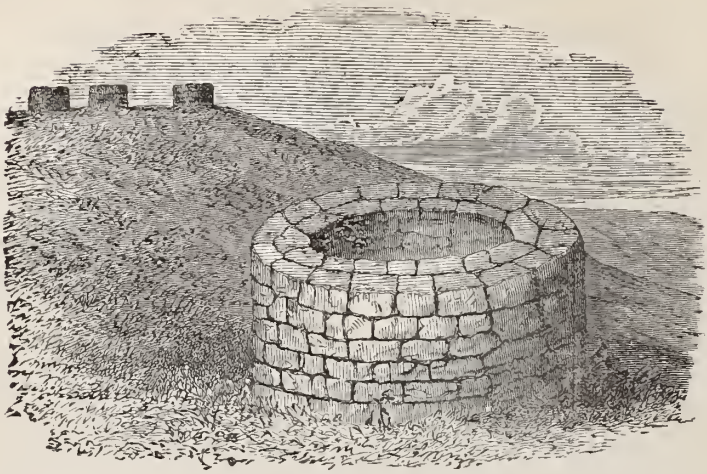


Fig. 52. — Tombeaux dans les monts Nilgherry (Hindoustan).

(Mur circulaire de 1m20 à 1m50 de hauteur, 0m90 d'épaisseur et 2 mètres à 2m40 de diamètre.)

former à l'intérieur une chambre cubique à parois continues. Suivant que les supports sont au nombre de trois ou de quatre, on a un dolmen ouvert ou fermé : dans ce dernier cas, la pierre qui clôt la chambre est percée d'une ouverture circulaire (fig. 53), qui reporte involontairement la pensée

Fig. 53. — Dolmens hindous de Rajunkoloor.

aux chambres tumulaires de Kerlescant en Bretagne et de Rodmarton dans le comté de Gloucester (fig. 29 et 30). Les dolmens à pierre trouée sont du reste assez nombreux en France ; on en cite un à Grandmont, dans le Bas Languedoc, qui présente en plus cette singularité d'une pierre tabulaire dépassant de beaucoup les parois extérieures des supports et donnant par là, à l'ensemble du monument, une forme qui rappelle celle d'une ombrelle ouverte (fig. 54). Or, d'après

Fig. 54. — Dolmen de Grandmont.

sir R. Colt Hoare (*Modern Wiltshire*, IV, p. 57) cette forme de dolmen en ombrelle se rencontre aussi dans l'Inde, et convient assez du reste à des tombeaux en plein air, comme les cendres et débris d'ossements humains qu'on y a trouvés témoignent que sont les dolmens hindous. Les cairns sont fréquents aussi dans ces contrées orientales, et toujours entourés d'un ou deux cercles de pierres. Les nombreux squelettes qu'on a trouvés dans leurs cists, ou à même la terre et le gravier qui recouvraient ceux-ci, prouvent que ces tom-

beaux ne sont pas fort anciens : peu distants de la surface du sol, mélangés avec des terres remaniées, exposés à toutes les infiltrations d'humidité dans des contrées où des périodes de chaleurs excessives sont fréquemment suivies ou précédées de pluies diluviales, ces squelettes ne seraient pas dans l'état de conservation où on les voit, si leur présence remontait à un grand nombre de siècles.

A Jewurgi il existe un emplacement où se voient, différemment groupés, plusieurs centaines de ces cairns, ancien cimetière selon les uns, champ de bataille, pense M. Fergusson, qui considérerait plutôt comme un cimetière un autre ensemble mégalithique situé à une vingtaine de lieues de Jewurgi, à Rajunkoloor : ce sont des alignements de dolmens disposés par masses profondes, ouverts ou fermés par une pierre trouée, mais tous de forme régulière et dont quelques-uns se distinguent par les dimensions de la dalle supérieure, les bords de celle-ci dépassant largement l'enceinte formée par les supports. Les données manquent pour apprécier l'âge de ce dernier lieu de sépulture : mais il en est d'autres qui portent avec eux des indications plus précises. Sur les bords de la Godavery, entre Hyderabad et Nagpore dans l'Inde centrale, il existe, près des villages de Malour et de Katapour, un groupe considérable de dolmens, parmi lesquels se dressent plusieurs monolithes n'atteignant pas moins de trois mètres de haut avec une grosseur proportionnellement considérable, et taillés en forme de croix (fig. 55). L'origine chrétienne de dolmens accompagnés de menhirs de pareille forme ne paraît pas douteuse, ce qui ne veut pas dire assurément que tous les mégalithes de l'Inde aient une pareille origine, mais ce qui prouve qu'on a construit de ces édifices jusque pendant notre ère.

En se dirigeant vers le nord-est on trouve encore quelques monuments de pierre brute et un nombre considérable de tumulus dans la vallée de Kaboul : on cite notamment quelques cercles de menhirs, dont un assez remarquable près de Peshawur, lesquels seraient, avec celui de Deh-Ayeh près

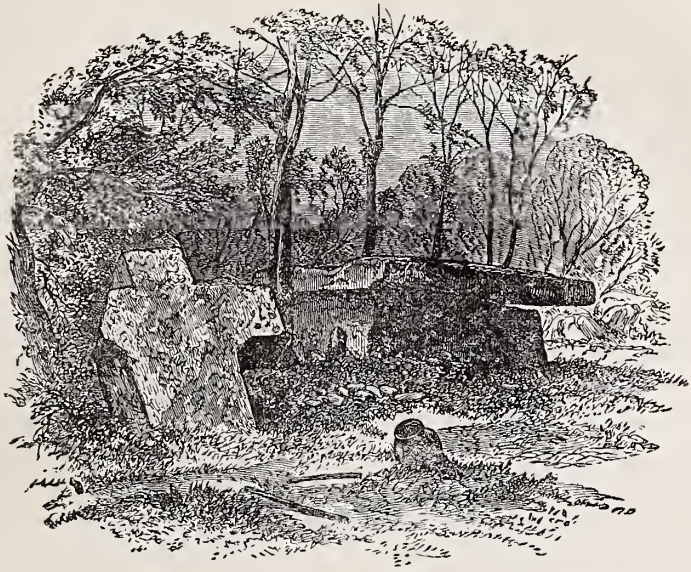


Fig. 55. — Dolmen avec croix près de Katapour (Hindoustan).

de Darabjerd en Perse, fig. 56, les seuls mégalithes proprement dits que l'on connaisse dans l'immense espace de 3000 kilomètres qui sépare les régions à dolmens d'Orient

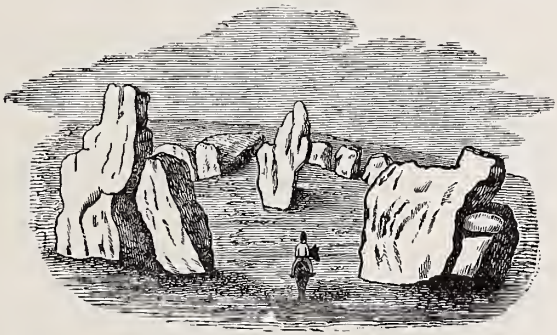


Fig. 56. — Cercle mégalithique, près de Darabjerd (Perse).

de celles de l'Occident. Il faut, en effet, revenir jusqu'à la rive gauche ou orientale du Jourdain, au pays du Hauran,

et à la presqu'île du Sinaï, pour trouver un certain nombre de dolmens proprement dits, de huttes en pierres brutes sans trace aucune d'un ciment quelconque, et de cercles solidement établis. On manque d'ailleurs de données pour apprécier leur origine et leur âge ; quant à leur destination, elle était certainement funéraire dans un grand nombre de cas. Plus au nord, au Caucase, en Crimée, en Circassie, et jusque sur les rives orientales de la Baltique on retrouve les dolmens, et d'après les renseignements d'ailleurs peu nombreux que l'on a pu recueillir les concernant, leur type le plus ordinaire serait celui du dolmen à clôture trouée tel que nous l'avons rencontré dans l'Hindoustan.

La distance est grande du voisinage des mers Noire et Caspienne aux rivages de la Baltique, et de vastes steppes s'y étendent. Dans celles-ci abondent les tumulus ; on les y trouve, assure-t-on, non plus par millliers mais par centaines de milliers, et ces *kurgans* — tel est leur nom moscovite ou tartare — offrent, sauf des dimensions plus grandes, une ressemblance parfaite avec les nombreux barrows répandus dans la plaine de Salisbury et non loin de Stonehenge. Ils s'en distinguent par un ornement qui surmonte invariablement leur sommet ; c'est un *Baba*, sorte de pierre équarrie et grossièrement sculptée en statue (fig. 57) tenant une coupe à boire dans les mains, représentation probable du principal personnage enseveli dans le tumulus.

Fig. 57.—Baba des steppes de Russie.

Si, comme l'affirment ceux qui veulent voir dans les monuments mégalithiques du monde entier l'œuvre de la seule race touranienne, cette race, originaire des hauts plateaux de l'Asie centrale, s'est, à une époque des plus anciennement préhistoriques, répan-

due par un rameau dans l'Inde, par un autre en Perse et par un troisième dans l'Europe entière, comme, après elle, l'ont fait les Celtes, on ne saurait nier que les innombrables barrows ou *kurgans* des steppes russes ne viennent un peu à l'appui de cette théorie : car c'est dans ces vastes plaines que le rameau européen a dû se diviser entre les divers sous-rameaux qui se sont partagé l'Occident. Ainsi s'expliqueraient les similitudes mégalithiques observées entre la Scandinavie, l'Allemagne du nord, les Iles Britanniques, la Gaule d'une part, et de l'autre le moyen et l'extrême Orient ; ainsi s'expliqueraient encore les *chouchas* et les *trilithes* d'Afrique retrouvés chez les Hindous et les Khassias, et les dolmens algériens développés et perfectionnés en Grenade et en Andalousie où l'on voit, près d'Antequera le plus beau et le plus parfait des dolmens connus. (La fig. 58 donne le plan et une vue intérieure de ce magnifique dolmen.) Les Touraniens auraient pénétré d'Afrique dans le sud de l'Espagne, tandis que leurs frères de Scandinavie et d'Irlande auraient colonisé l'Ibérie par le nord.

Mais une telle théorie, on l'a dit plus haut, si elle explique certains faits, se heurte par ailleurs à des difficultés inextricables. La moindre de celles-ci n'est pas l'origine certainement moderne, voire quelquefois chrétienne, d'un certain nombre de monuments mégalithiques, celle relativement peu ancienne de beaucoup d'autres; enfin la possibilité d'expliquer l'origine quasi-historique de la plupart de ceux qui restent, semble laisser à la théorie d'une race mégalithique unique et antérieure à toute histoire bien peu de chances de prévaloir définitivement.

Les migrations, fluctuations et relations mutuelles des races ont laissé leur empreinte, et une empreinte souvent profonde, sur les styles divers de cette primitive architecture, cela n'est guère contestable. Mais les mouvements des peuples à travers le globe ne sont pas le phénomène d'un seul âge, ils sont de tous les temps ; bien des époques successives ont vu des civilisations variées naître, se développer, atteindre

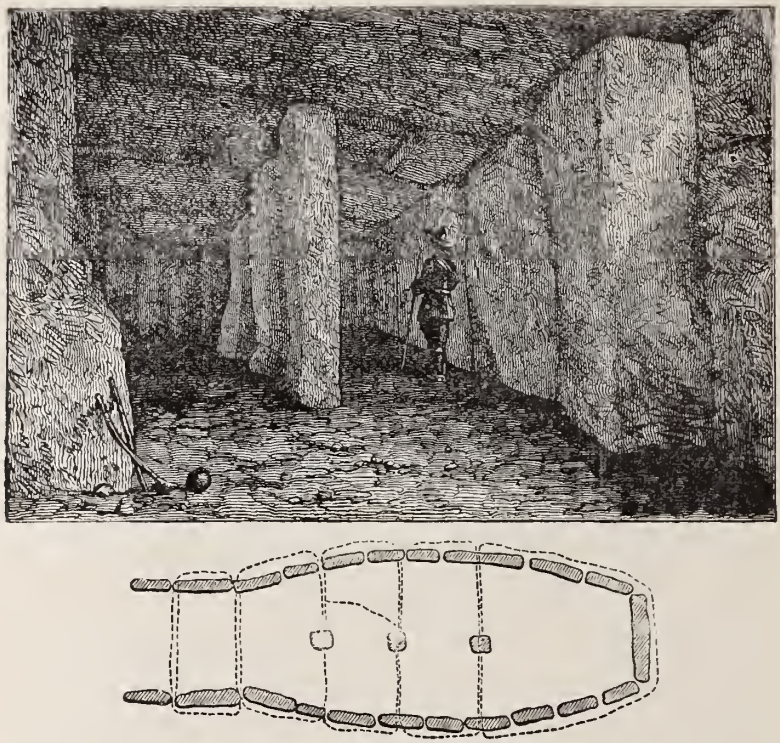


Fig. 58. — Vue intérieure et plan du dolmen d'Antequera (Andalousie).

leur apogée, puis s'amoindrir et disparaître pour faire place plus tard à d'autres ; et sur leurs débris, les errements des peuples enfants qui préludent inconsciemment à un progrès ultérieur ont pu et dû spontanément renaître. Ainsi les constructions mégalithiques peuvent suivant les pays, peut-être parfois dans un même pays, porter des âges bien différents ; mais lorsqu'une explication historique et relativement récente peut s'adapter sans contradiction, sans obscurité trop grande, au contraire avec toute la vraisemblance désirable, à un monument ou à un ensemble de monuments de cette nature, nous n'hésiterons pas à dire que jusqu'à preuve du contraire cette explication doit être admise. L'exagération serait de

vouloir la généraliser à d'autres monuments qui n'auraient pas été individuellement l'objet de la même étude critique. Ici, comme dans toute autre science, il faut se baser avant tout sur l'observation des faits, et laisser la théorie se dégager, peu à peu et d'elle-même, de leur accumulation et de leur classification rationnelle.

C'est ainsi qu'ont procédé l'auteur et le traducteur du livre qui a servi de base à cette rapide étude. Parfois celui-ci combat certaines inductions de celui-là, quant à des points de vue secondaires. Mais l'un et l'autre ne se prononcent sur chaque fait qu'après une discussion serrée et basée sur des données sérieuses. Quand les données manquent, la critique se tait et la solution reste en suspens. Nombreux toutefois sont dès aujourd'hui les cas où l'origine relativement moderne ou peu ancienne des monuments mégalithiques est établie avec autant de certitude qu'en comporte la nature du sujet, et l'analogie permet dans quelques cas différents d'en faire rejaillir une certaine probabilité dans le même sens sur certains autres pour lesquels les données directes sont encore insuffisantes. D'ores et déjà on peut dire que s'il existe ou s'il a existé des monuments de pierre brute et des tumulus remontant aux âges *préhistoriques* dans le sens le plus large de ce mot, il s'en est construit à diverses époques ultérieures et jusque plusieurs siècles après la naissance du christianisme.

Peut-être que, leur attention étant éveillée sur cet objet, quelques-uns de nos intrépides voyageurs, pionniers de la science contemporaine, découvriraient, parmi certaines peuplades lointaines et peu connues, des architectes primitifs élevant, comme les Khassias de l'Inde, des monuments mégalithiques en plein XIXe siècle de l'ère moderne.

JEAN D'ESTIENNE.

LE DARWINISME

ET L'EXPRESSION DES ÉMOTIONS CHEZ L'HOMME ET CHEZ LES ANIMAUX.

TROISIÈME ARTICLE (1)

DEUXIÈME PARTIE.

EXAMEN DE LA THÉORIE DE DARWIN.

Il y a dans l'ouvrage de Darwin que nous considérons ici, un mélange de faits, d'explications et d'hypothèses.

En ce qui concerne les faits, la méthode suivie pour les recueillir, est-elle à l'abri de la critique, et les résultats obtenus peuvent-ils être acceptés avec confiance? Telle est la première question à examiner.

Les trois principes auxquels Darwin rattache la théorie des expressions diverses de nos émotions, peuvent d'ailleurs être examinés indépendamment du vernis évolutionniste qui les recouvre dans le livre de ce savant. On peut, en effet, abstraction faite de tout système transformiste, se demander jusqu'à quel point nous pouvons contracter des habitudes

(1) Voir les deux livraisons précédentes.

utiles en rapport avec nos émotions et sensations diverses ; et si, ces habitudes étant une fois contractées, nous ne sommes pas entraînés à produire dans une situation d'esprit analogue, des mouvements d'expression corrélatifs à ces habitudes, mais dépourvus cette fois de tout but utile. Nous pouvons également nous demander si, étant donnée l'habitude de mouvements utiles sous l'empire d'une émotion ou d'une sensation déterminée, il existe véritablement en nous une tendance à exécuter sous l'influence de sentiments opposés, des mouvements pareillement opposés, ces derniers fussent-ils d'ailleurs complétement inutiles, et n'ayant d'autre raison d'être que leur opposition aux premiers. Enfin on peut aussi rechercher s'il est des phénomènes émotionnels uniquement dus à l'influence directe du système nerveux, indépendamment de la volonté et, jusqu'à un certain point, de l'habitude. Sans doute, l'émule contemporain des De Maillet et des Lamarck (1) ne cesse, en traitant de ces phénomènes, d'en rechercher les racines et la genèse lente dans la nuit des temps ; mais les principes qu'il expose peuvent être étudiés en eux-mêmes et en dehors de cette application. C'est ce que nous ferons.

Cependant, puisque les rapports de l'expression des émotions avec l'hypothèse de l'évolution, sont le but essentiel qui a inspiré l'ouvrage de Darwin, nous devons bien aussi examiner si ces rapports ont la valeur qu'il leur attribue ; et nous examinerons surtout si, en passant par le prisme du système, les faits particulièrement invoqués pour établir la descendance de l'homme d'une forme animale inférieure, n'ont pas, sous la plume du naturaliste anglais, revêtu des couleurs factices et purement artificielles. Lorsqu'à cet égard Darwin croit poursuivre les conséquences des faits, ne pour-

(1) Si nous assimilons Darwin à De Maillet et à Lamarck, c'est uniquement, cela va sans dire, en tant qu'il est aujourd'hui le principal champion du transformisme. Mais quant à la manière dont se serait faite l'évolution des êtres vivants, il y a de nombreuses différences entre ces auteurs.

suit-il pas plutôt une idée préconçue et son intelligence n'est-elle pas le jouet d'un mirage trompeur? C'est ce que nous aurons aussi à rechercher.

Voici donc l'ordre que nous suivrons dans l'examen de la théorie de Darwin sur les phénomènes émotionnels.

Nous nous occuperons d'abord des moyens d'investigation de ce naturaliste.

Nous discuterons ensuite, abstraction faite de tout système évolutionniste, les trois principes par lesquels il explique les expressions passionnelles.

Enfin nous nous arrêterons à l'étude des rapports de l'expression avec l'évolution supposée des formes animales et surtout de l'homme.

SECTION I.

MÉTHODE DE DARWIN POUR RECUEILLIR LES FAITS QUI CARACTÉRISENT L'EXPRESSION DES ÉMOTIONS.

On sait comment le naturaliste anglais, dans la matière qui nous occupe, a rassemblé les matériaux de son travail.

Il a étudié les enfants, fait observer les aliénés, et emprunté de nombreux éléments à la reproduction artificielle des traits des émotions tentée par le Dr Duchenne au moyen de l'électricité. De plus il a interrogé les œuvres de la peinture et de la sculpture, et il a fait appel aux observations des voyageurs lointains. Enfin il a recueilli d'abondants détails sur les phénomènes expressifs des animaux inférieurs.

Or, nous admettons pleinement que, pour la plupart, ces moyens d'investigation sont légitimes et peuvent conduire à des résultats exacts, mais nous devons faire pourtant toutes nos réserves au sujet de deux d'entre eux : l'observation des aliénés et la reproduction artificielle des expressions au moyen de l'électricité. Nous ne croyons vraiment pas qu'il soit possible d'établir sur de telles bases, une théorie rationnelle de l'expression. Le lecteur en jugera.

§ I. — OBSERVATIONS FAITES SUR LES ALIÉNÉS.

Darwin, ainsi que nous l'avons mentionné dans l'Introduction, accorde une importance toute particulière aux observations dont les aliénés sont l'objet, *parce que,* nous dit-il, *ils sont sujets aux plus violentes passions et qu'ils s'y livrent sans contrainte* (1).

Mais quel est le problème posé?

Évidemment c'est d'établir la théorie de l'expression naturelle des émotions. Or, n'est-il pas vraisemblable que les désordres cérébraux qui accompagnent la folie, peuvent altérer le jeu *naturel* de l'expression des émotions, comme ils troublent manifestement souvent l'exercice d'autres fonctions. Cela nous paraît indubitable, et Darwin lui-même en fait la remarque pour certains cas. « Nous ne devons pas, nous dit ce naturaliste, accorder trop d'importance aux larmes abondantes que répand l'aliéné comme s'il fallait les attribuer à l'absence de toute contrainte. Certaines maladies du cerveau, en effet, telles que l'hémiplégie, le ramollissement et l'enfance sénile, portent aux larmes d'une manière toute particulière (2). »

Mais dès le moment où il est constaté que, dans certains cas, l'aliénation modifie les caractères normaux des phénomènes passionnels, comment déterminera-t-on les limites de cette influence pour décider si une expression reste vraiment naturelle?

Darwin est-il, d'ailleurs, bien sûr que les aliénés se livrent

(1) Voir Darwin, *The expression of the emotions in man and animals*, p. 13.

(2) « We must not lay too much stress on the copious shedding of tears » by the insane, as being due to the lack of all restraint; for certain brain- » diseases, as hemiplegia, brain-wasting, and senile decay, have a special » tendency to induce weeping. » Ch. Darwin, *The expression of the emotion*, p. 156.

toujours sans contrainte à leurs passions? Pour nous, nous en doutons beaucoup. Il est, au surplus, aisé de montrer qu'à cet égard le savant naturaliste se contredit implicitement.

On se rappelle l'explication que donne Darwin du relèvement oblique de l'extrémité interne des sourcils sous l'impression du chagrin. Lorsqu'un enfant crie par suite de la souffrance ou pour manifester ses besoins, les muscles qui entourent l'œil se contractent, ainsi que l'a fait comprendre sir Ch. Bell, pour protéger le globe oculaire contre le reflux du sang veineux. Mais, dans un âge plus avancé, on ne veut plus crier comme un enfant, et on se retient. Seulement, par suite de l'habitude, les muscles protecteurs de l'œil tendent encore à se contracter; et l'un d'eux surtout, le pyramidal du nez, serait, au sens de Darwin, particulièrement peu soumis à l'empire de la volonté, et continuerait à se contracter facilement, malgré nous, dans les circonstances où l'enfant crie. Comme d'ailleurs nous faisons effort pour réprimer ces contractions, le muscle antagoniste du pyramidal, c'est-à-dire, la partie médiane du frontal se contracte pour relever celui-là. Et le sourcilier se contractant en même temps légèrement, il y a tout à la fois relèvement et plissement de l'extrémité interne du sourcil (1).

Cette expression du chagrin serait donc essentiellement, d'après Darwin, *un effort de contrainte* commandé par la volonté pour dissimuler une émotion pénible, qui pousserait naturellement à l'émission des cris et à la compression du globe de l'œil par l'action protectrice des muscles péri-oculaires.

Mais s'il en est ainsi, et si, d'autre part, les aliénés expriment sans contrainte toutes leurs passions ou émotions quelconques, il est clair que l'expression du chagrin qui consiste dans le relèvement oblique du bord interne des sourcils, ne devrait pas s'offrir chez eux.

(1) Voir Ch. Darwin, ouvrage cité, p. 192.

Or, cette expression, au contraire, est très fréquente dans certaines maladies mentales, et Darwin lui-même le démontre longuement d'après des observations qui lui ont été communiquées.

C'est ainsi que le Dr Crichton Browne, attaché à un hospice d'aliénés, a constaté que les muscles du chagrin sont continuellement mis en action chez les individus atteints de mélancolie ou d'hypochondrie; et même les lignes ou sillons persistants dus à la contraction habituelle de ces muscles sont des traits caractéristiques de la physionomie des aliénés appartenant à ces deux classes.

« Le Dr Browne, dit Darwin, a observé pour moi avec soin, durant un temps considérable, trois cas d'hypochondrie, dans lesquels les muscles du chagrin étaient contractés d'une manière permanente. Dans l'un d'eux, une veuve, âgée de 51 ans, s'imaginait qu'elle avait perdu tous ses viscères et que tout son corps était vide. Elle offrait l'expression d'une grande détresse, et elle frappait en cadence l'une contre l'autre, durant des heures, ses mains à demi fermées. Les muscles du chagrin étaient constamment contractés et les paupières supérieures arquées. Cet état dura plusieurs mois; elle recouvra alors la santé, et sa contenance reprit son expression naturelle (1). »

Le Dr P. Nicol a fait également des observations analogues. Il en conclut que chez les aliénés mélancoliques, les extrémités internes des sourcils sont toujours plus ou moins relevées, et les plis du front plus ou moins marqués (2).

(1) « Dr Browne carefully observed for me during a considerable period » three cases of hypochrondria, in which the grief-muscles were persistently » contracted. In one of these, a widow, aged 51, fancied that she had lost » all her viscera, and that her whole body was empty. She wore an expres- » sion of great distress, and beat her semi-closed hands rhythmically together » for hours. The grief-muscles were permanently contracted, and the upper » eyelids arched. This condition lasted for months; she then recovered, and » her countenance resumed its natural expression. » Ch. Darwin, ouvrage » cité. p. 185.

(2) Ibidem, p. 185-186.

Ainsi non-seulement le relèvement du coin interne des sourcils comme signe du chagrin se manifeste aussi chez les aliénés, mais on l'y rencontre même parfois à un degré inconnu chez les autres. Si donc, comme nous le croyons avec Darwin, cette expression est essentiellement un indice de retenue et de contrainte, il est tout à fait inexact de penser que les aliénés se livrent sans réserve à toutes leurs passions ou émotions quelconques.

En somme, les observations faites sur les aliénés relativement aux manifestations émotionnelles, ne se recommandent par aucun motif sérieux de préférence. Et, au contraire, il y a d'incontestables motifs qui imposent la défiance lorsque l'on veut, sur de telles observations, déterminer les caractères de l'expression naturelle des émotions.

§ II. — RECHERCHES DU Dr DUCHENNE.

Le Dr Duchenne, comme nous l'avons déjà dit, a aussi entrepris d'élucider le problème de l'expression des émotions. A cette fin, il a soumis les divers muscles de la face à l'action de l'électricité d'induction qu'il a proposé d'appeler *faradisme* (1), et il appelle faradisation l'emploi des courants induits. Ces dénominations sont restées, surtout dans la langue médicale, et nous nous en servirons également.

Les expériences du Dr Duchenne ont surtout porté sur un vieillard atteint d'une anesthésie de la face.

A en croire Darwin, le médecin de Boulogne a fait faire de grands progrès à la question (2) en déterminant les muscles faciaux mis en jeu dans l'expression, et il aurait également *montré (shown)* quels sont les muscles les plus indépendants du contrôle de la volonté (3).

(1) Dr G. B. Duchenne (de Boulogne). *Mécanisme de la physionomie, Partie scientifique*, p. 10. Paris, 1862.

(2) Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 5.

(3) Ibidem, p. 5-6.

Or, nous croyons que le naturaliste anglais se trompe ici gravement dans son appréciation.

Nous ne voulons pas méconnaître l'importance du magnifique ouvrage de Duchenne, en tant qu'il a pour objet d'éclairer l'action musculaire de l'électricité ; mais, à notre avis, ce serait tout à fait gratuitement qu'on y chercherait la clef des difficultés de l'expression des émotions. Nous pensons qu'il ne nous sera pas difficile d'en convaincre le lecteur, en établissant les propositions suivantes :

Le Dr Duchenne ne pose le problème de l'expression que d'une manière fort incomplète.

Dans ses combinaisons pour la reproduction des phénomènes émotionnels, il part de suppositions inadmissibles ; et ce qu'il a de mieux est étranger à son analyse électro-physiologique.

Le choix du sujet principal de ses expériences prête à des objections sérieuses.

L'interprétation des résultats de ses expériences l'a conduit à formuler un principe physiologique qui est une erreur grave.

Enfin les moyens de contrôle imaginés par Darwin pour vérifier l'exactitude des photographies de Duchenne, sont purement illusoires.

A. — *Le médecin de Boulogne ne pose le problème de l'expression que d'une manière fort incomplète.*

Et, en effet, dans une expression naturelle, il y a autre chose que des mouvements musculaires de la face : on pâlit, on rougit ; la respiration se précipite ou se ralentit ; la sueur se répand sur le front, sur le visage, sur tout le corps ; le cœur palpite ; on tremble, tout l'organisme s'agite ; la voix s'altère. Toutes ces choses certainement ont lieu d'après un mécanisme régi par des lois physiologiques ; mais de ce mécanisme, Duchenne ne dit pas un mot dans son ouvrage. Et en fait, il était impossible d'aborder ces phénomènes à l'aide des moyens dont dispose le savant de Boulogne. L'analyse électro-physiologique est muette sur ces sortes de problèmes.

Cette lacune essentielle est surtout manifeste en ce qui regarde la faculté de rougir par un sentiment de honte ou de modestie. Naturellement Duchenne n'aborde même pas cette faculté; et pourtant, sans contredit, la rougeur pudique est la plus éminemment caractéristique des expressions humaines.

Néanmoins nous n'insisterons pas sur ce caractère incomplet des recherches du médecin de Boulogne. Il aurait, en effet, rendu d'importants services à la science si, dans les limites qu'il s'est posées, il avait résolu le problème de l'expression. Mais il n'en est pas ainsi : on va le voir.

B. — *Le Dr Duchenne dans ses combinaisons pour reproduire les phénomènes émotionnels, part de suppositions ou principes inadmissibles; et ce qu'il a de mieux est étranger à son analyse électro-physiologique.*

Ainsi lorsque ce savant croit pouvoir peindre une expression naturelle au moyen de ses rhéophores, il s'appuie nécessairement sur ce principe :

L'électricité par son action sur les muscles faciaux peut reproduire avec fidélité l'expression des émotions.

Or, sur quoi repose ce principe? Absolument sur rien. Selon l'endroit précis où le Dr Duchenne place son rhéophore, les effets opérés par la contraction des muscles varient à l'infini. Ce n'est que par tâtonnements qu'il arrive à déterminer le point qu'il croit le plus propre à la réprésentation d'une émotion choisie. Or, quand même les contractions musculaires causées par un courant électrique, seraient aptes, en principe, à peindre exactement les diverses émotions, — ce qui ne peut être admis sans preuves, — n'est-il pas clair qu'il serait impossible pratiquement, par des essais tout à fait arbitraires, d'arriver à trouver le point précis le plus propre à l'électrisation?

Mais d'ordinaire, le Dr Duchenne pour figurer une expression émotionnelle, combine des mouvements volontaires, avec ceux qu'il produit artificiellement au moyen des courants induits. Veut-il, par exemple, nous dépeindre l'expres-

sion de l'étonnement (1), il ordonne au vieillard qu'il a choisi pour sujet de l'expérimentation, d'ouvrir la bouche ; puis il agit sur le frontal au moyen du faradisme, ce qui relève le sourcil. Or, pourquoi produire artificiellement une partie de l'expression, et l'autre volontairement? Dites à un homme d'intelligence : *Ouvrez la bouche et de grands yeux pour représenter l'étonnement*. Il le fera aussitôt avec plus d'exactitude que ne peut le faire Duchenne après de nombreux tâtonnements. Le médecin de Boulogne constate, en effet, que pour obtenir une expression vraie, *il faut qu'il y ait un rapport parfait entre le degré d'ouverture de la bouche et celui de l'élévation des sourcils* (2). Et quelle est la règle à suivre pour obtenir ce *rapport parfait?* Il n'y en a aucune.

Sans doute, il y a parfois dans les photographies de Duchenne, qui fixent les résultats de ses expériences, des imitations plus ou moins réussies de telle ou telle expression, mais plusieurs ne sont rien moins que naturelles. La photographie, par exemple, qui a pour but de peindre un grand étonnement, *la stupéfaction* (3), ne nous paraît pas du tout d'accord avec la nature : cette bouche démesurément ouverte au point de faire craindre la dislocation de la mâchoire inférieure, est quelque chose de tout à fait forcé. Il y a bien là de la stupéfaction, mais c'est la stupéfaction nuancée de manière à la faire sortir du cadre de la réalité.

Il est également une peinture (4) de l'expression de l'effroi au sujet de laquelle nous devons faire la même remarque. Pour rendre cette expression, le savant français a contracté au moyen de l'électricité le peaucier et le frontal de son vieillard, et il lui a ordonné d'abaisser la mâchoire infé-

(1) Voir G.-B. Duchenne (de Boulogne), *Mécanisme de la physionomie, Partie scientifique*, p. 95-99 ; *Album*, fig. 54-57. Paris, 1862.

(2) Ibidem, p. 95 et 99.

(3) Voir ibidem, *Partie scientifique*, p. 96, 98, 99 ; *Album*, f. 57.

(4) Voir ibidem, fig. 63 de l'*Album*.

rieure. Mais celui-ci l'a fait avec une telle exagération que cette photographie est devenue une vraie caricature.

Au reste, Darwin lui-même, malgré toute sa bienveillance pour le Dr Duchenne, ne peut s'empêcher de signaler l'incorrection de quelques-unes des vues que le médecin de Boulogne déduit de ses expériences. Ainsi nous venons de parler de l'expression de l'effroi. Duchenne y fait jouer le plus grand rôle à la contraction du peaucier (1) du cou, et par suite il l'appelle *muscle de la frayeur, de l'effroi;* et quoiqu'il admette que la contraction isolée de ce muscle est *inexpressive* (2), il dépeint toujours la frayeur, à tous ses degrés, comme caractérisée par l'action complémentaire du peaucier. Et pourtant il est certain que cette contraction fait *le plus souvent* défaut dans la frayeur. Aussi Darwin lui-même fait ses réserves à ce sujet. « Ce muscle, nous dit-il, ne justifie guère l'appellation de muscle de l'effroi, car certainement sa contraction n'est pas la conséquence nécessaire de cet état de l'esprit.

» Un homme peut manifester une extrême terreur, de la manière la plus évidente, par sa pâleur mortelle, par les gouttes de sueur qui ruissellent sur sa peau et par une entière prostration, et pourtant conserver tous les muscles du corps, y compris le platysma, dans un état de relâchement complet (3). »

(1) Le *peaucier* est un muscle qui adhère à la peau et qui sert à la remuer.

(2) Voir Dr G.-B. Duchenne (de Boulogne), *Mécanisme de la physionomie, Partie scientifique*, p. 101 et 105.

(3) « This muscle ought hardly to be called that of fright, for its contrac-
» tion is certainly not a necessary concomitant of this state of mind.
» A man may exhibit extreme terror in the plainest manner by death-like
» pallor, by drops of perspiration on his skin, and by utter prostration, with
» all the muscles of his body, including the platysma, completely relaxed. »
Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 300.

Au reste, à d'autres égards, Darwin ne paraît pas avoir lu attentivement les passages de Duchenne qu'il analyse à ce sujet. D'après lui, en effet, Duchenne pour peindre l'*effroi*, a représenté son vieillard *avec les sourcils fortement relevés, la bouche ouverte et le platysma contracté, le* TOUT *au moyen*

La représentation des diverses nuances de la frayeur au moyen de la contraction constante du peaucier, est donc quelque chose d'arbitraire. L'expression naturelle ne présente certainement pas ce caractère d'une manière invariable.

Ce n'est pas que nous soyons disposé à nier le rôle de la contraction du peaucier du cou dans l'expression de certains

du galvanisme (with his eyebrows strongly raised, his mouth opened, and the platysma contracted, ALL *by means of galvanism. Expression of the emotions,* p. 299).

De même en rendant compte de la peinture de l'*effroi mêlé de douleur*, qu'a essayée le médecin français, Darwin dit encore : *Duchenne a donné une photographie du même vieillard que précédemment, avec les yeux un peu hagards, les sourcils partiellement relevés et en même temps fortement contractés, la bouche ouverte et le platysma en action, le* TOUT *produit au moyen du galvanisme,* ALL *effected by the means of galvanism* (Ibidem, p. 305).

Or, c'est là une erreur en ce qui regarde l'abaissement de la mâchoire inférieure. Ici encore, selon son habitude, Duchenne a combiné, dans des rapports purement arbitraires d'ailleurs, l'imitation artificielle électro-physiologique avec l'imitation volontaire. Les photographies dont parle ici Darwin et qu'il a reproduites dans son ouvrage, portent les n°s 61 et 65 dans l'Album du Dr Duchenne, et celui-ci déclare positivement que la mâchoire inférieure a été abaissée *volontairement*. Voici ce que nous lisons dans la légende qui accompagne ces figures :

Fig. 61. Contraction électrique des peauciers, des frontaux, *avec abaissement volontaire de la mâchoire inférieure.*

Fig. 65. Contraction combinée des peauciers et des sourciliers, *avec abaissement volontaire de la mâchoire inférieure.*

Plus loin, Duchenne dit encore : « Pour les expressions représentées par les figures 61, 62, 63, 65, *j'ai dû faire ouvrir plus ou moins la bouche* et ensuite électriser les peauciers. (*Mécanisme de la physionomie ; Partie scientifique*, édit. in-8°, p. 104.).

Il y a donc erreur dans l'exposition de Darwin. D'ailleurs il ne serait guère possible, pensons-nous, de maintenir abaissée la mâchoire inférieure au moyen de l'électrisation du peaucier du cou. Duchenne l'a essayé pour la représentation de la simple frayeur, et c'est à peine, nous dit-il, si la mâchoire inférieure s'est abaissée de 2 à 3 millimètres : et un peu plus loin il dit que le vieillard soumis à l'expérience, l'a supportée *sans que sa mâchoire inférieure s'abaissât d'une manière appréciable.* Ibidem, p. 103, 104, 106). En somme, le résultat a été évidemment négatif.

cas de terreur. D'excellents observateurs, et sir Ch. Bell, entre autres, le proclament. Celui-ci en décrivant les signes de la terreur s'exprime ainsi : « Le muscle cutané du cou, le platysma myoïde, est fortement contracté, et l'on peut voir, sous la peau, ses fibres entrant en action comme des cordes et tirant avec force les coins de la bouche (1). » Mais, dans tous les cas, le Dr Duchenne a trop généralisé le fait, et fût-il absolument général, ce ne sont pas des combinaisons purement artificielles qui pourraient l'établir.

Citons aussi une description fautive du rire.

Duchenne prétend que dans cette expression, les grands zygomatiques seulement agissent autour de la bouche. « Le rire naturel vrai, nous dit-il, est constitué par l'association des grands zygomatiques et de l'orbiculaire palpébral inférieur (2). » Or, il suffit d'examiner une planche anatomique destinée à représenter les muscles de la face, pour se convaincre que la manière dont se découvrent les dents dans le rire, est chose *impossible* par la contraction exclusive des grands zygomatiques. Et ici encore Darwin lui-même en fait la remarque : « Le Dr Duchenne, nous dit-il, répète avec insistance que, sous l'émotion de la joie, les grands zygomatiques seuls agissent sur la bouche, dont ils tirent en arrière et relèvent les commissures. Mais à en juger d'après la manière dont les dents supérieures sont toujours exposées durant le rire et le large sourire, aussi bien que par mes propres sensations, je ne puis douter que quelques-uns des muscles qui aboutissent à la lèvre supérieure, ne soient également mis modérément en action (3). » Nous croyons d'ailleurs que

(1) « The cutaneous muscle of the neck, the platysma myoides, is strongly » contracted, and its fibres may be seen starting into action like cords, under » the skin, and dragging powerfully on the angles of the mouth. » Sir Ch. Bell, *The anatomy and philosophy of expression*, 6th ed. p. 168. London, 1872.

(2) Dr Duchenne. *Mécanisme de la physionomie; Partie scientifique*, p. 56. *Album*. fig. 32.

(3) « Dr Duchenne repeatedly insists that, under the emotion of joy, the

la correction apportée ici par Darwin aux vues de Duchenne est insuffisante. Dans le franc rire, les mâchoires se séparent plus ou moins, et les dents inférieures se découvrent souvent en partie, quoique toujours à un moindre degré que les dents supérieures.

On voit donc, par les faits, combien sont illusoires les inductions que Duchenne prétend tirer de ses expériences pour établir quels sont les muscles particulièrement mis en action sous l'influence d'une émotion déterminée.

Sans doute, nous ne nions pas que selon le degré de ressemblance des effets obtenus, si on les compare aux caractères d'une expression naturelle, Duchenne n'ait pu *parfois* apporter quelque lumière à la question. Mais puisque rien n'autorise à considérer comme *fidèles* les combinaisons artificielles imaginées par Duchenne pour représenter les expressions émotionnelles, il est clair que les inductions tirées sur la nature des muscles mis en action lorsque l'expression se produit spontanément sur le visage de l'homme, — ces inductions fussent-elles peut-être exactes en réalité, — auront toujours quelque chose de problématique. Il nous est impossible de penser, avec Darwin, qu'il y a là pour la science un progrès *considérable* (1).

Les résultats, en effet, que Duchenne nous a transmis ont été obtenus sur le vivant. Lorsqu'il s'imagine n'avoir fait contracter qu'un muscle particulier, il en juge ainsi par la connaissance exacte qu'il possède de l'endroit où se trouve le muscle. Mais dès le moment où l'on a cette connaissance, il n'est pas bien difficile en voyant le mouvement des traits

» mouth is acted on exclusively by the great zygomatic muscles, which serve » to draw the corners backwards and upwards; but judging from the man- » ner in which the upper teeth are always exposed during laughter and » broad smiling, as well as from my own sensations, I cannot doubt that » some of the muscles running to the upper lip are likewise brought into » moderate action. » Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, page 202-203.

(1) Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 5.

dans l'expression naturelle des émotions, d'arriver à deviner les muscles qui entrent alors en action. En fait ces muscles ont été indiqués avant Duchenne. Il suffit de citer à cet égard le magnifique ouvrage de sir Ch. Bell. Là on peut trouver des données plus exactes et plus sûres que celles qui ont été fournies par le Dr Duchenne, parce que là, du moins, il n'y a pas de combinaisons arbitraires, et tout repose sur l'observation réelle des expressions naturelles (1).

En somme, c'est tout à fait gratuitement que Duchenne nous présente comme fidèles ses analyses électro-musculaires destinées à mettre en relief l'expression des passions ; et en réalité dans plusieurs cas, il est facile à la simple inspection des photographies, de s'assurer que sa croyance n'est qu'une illusion.

Il y a plus : ce qu'il y a de mieux dans les photographies de Duchenne au point de vue de l'expression des émotions, c'est la partie qui est le produit d'une imitation volontaire. Et même, la figure la plus naturelle, à notre avis, est celle qui représente l'expression d'un *souvenir douloureux*, où l'application des moyens propres d'investigation de Duchenne n'est pour rien. Le sujet qui a servi à l'expérience est un jeune homme, tout à la fois artiste et anatomiste, qui, par un exercice fréquent, est arrivé à acquérir un grand

(1) Nous ne nous occupons ici que de l'influence des recherches électro-physiologiques du Dr Duchenne sur la théorie des expressions émotionnelles. Nous ne nions pas que ces recherches aient pu conduire à quelque découverte anatomique réelle. Ce sont elles qui, nous rapporte le médecin de Boulogne, auraient fait constater *la terminaison supérieure du pyramidal du nez dans la peau de l'espace intersourcilier, au niveau de la tête des sourcils.* « Les anatomistes avaient professé jusqu'à ce jour, dit Duchenne, que les pyramidaux sont la continuation du frontal, dont ils constituent les piliers. M. Ludovic Hirschfeld, guidé par mes expériences, a constaté par la dissection, que le point de séparation du pyramidal et du frontal... est constitué par une intersection aponévrotique. » (*Mécanisme de la physionomie humaine, Partie scientifique*, p. 28-29).

Soit ! mais on conviendra qu'il n'y a là rien qui ait répandu de bien vives lumières sur la théorie de l'expression.

pouvoir sur les muscles moteurs du sourcil. Dans la photo graphie que nous rappelons ici (1), cet artiste, pour peindre l'émotion produite par un souvenir douloureux, contracte *volontairement* les sourciliers à un degré moyen, et en même temps il élève le regard vers le ciel. L'expression paraît, en effet, bien naturelle. Le Dr Duchenne affirme que par l'action des courants d'induction sur les sourciliers de ce jeune homme, il est parvenu à obtenir des mouvements semblables à ceux que produisait volontairement le sujet. Cependant pour la composition de l'*Album*, il a donné la préférence à la figure qui représente l'imitation volontaire de l'expression. Or, si l'on peut par un acte purement volontaire imiter aussi bien et même mieux les expressions naturelles que ne peut les reproduire le faradisme, à quoi bon l'action de l'électricité?

Pour notre part, après avoir examiné avec le plus grand soin les photographies renfermées dans l'album du Dr Duchenne, nous restons convaincu que l'imitation volontaire des phénomènes émotionnnels, sans le secours d'un agent quelconque, donnerait généralement des résultats plus exacts.

Nous reconnaissons bien volontiers que Duchenne a fait aussi quelques observations intéressantes relativement aux muscles faciaux qui sont moins sous le contrôle de la volonté. Il cite particulièrement les muscles moteurs du sourcil, l'orbiculaire palpébral inférieur et les dépresseurs de l'angle de la bouche. « Les moteurs du sourcil, dit-il, sont de tous les muscles expressifs, ceux qui obéissent le moins à la volonté; en général, l'émotion de l'âme seule a le pouvoir de les mettre partiellement en mouvement (2). » Il insiste principalement sur le pyramidal du nez qui paraît se distinguer par une résistance plus constante à l'action de la volonté (3).

(1) Voir Dr Duchenne, *Mécanisme de la physionomie humaine. Partie scientifique*, p. 36-37; Album. fig. 23.

(2) Dr Duchenne (de Boulogne), *Mécanisme de la physionomie humaine. Partie scientifique*, p. 8.

(3) Voir l'ouvrage cité, *Partie esthétique*, p. 182.

Mais ici encore Darwin ne paraît pas avoir lu Duchenne assez attentivement. A l'appui, en effet, de l'assertion relative à l'impuissance de la volonté sur le pyramidal, le savant anglais invoque l'exemple du jeune artiste déjà cité, qui, par l'exercice, pouvait contracter facilement les autres moteurs du sourcil, mais ne pouvait rien sur le pyramidal. Or, Duchenne lui-même explique cette observation de manière à lui enlever en grande partie sa valeur relativement à la thèse. Cela résulterait, en effet, pense-t-il, du *peu de développement* (1) du pyramidal chez le jeune homme.

Au reste, le Dr Duchenne nous paraît, en général, accorder une signification trop absolue à ces résultats; c'est ainsi qu'il proclame, comme un fait constant, la résistance de l'orbiculaire palpébral inférieur à l'action de la volonté. « Le muscle qui produit ce relief de la paupière inférieure n'obéit pas à la volonté (2), » nous dit-il. Or, pour ma part, je meus facilement ce muscle, comme la plupart de ceux que Duchenne et Darwin réputent inertes à l'impulsion de la volonté.

Mais, dans tous les cas, ces sortes d'observations dont la mention se réduit à quelques pages du livre, n'occupent qu'une place tout à fait accessoire dans l'œuvre du Dr Duchenne. Elles sont étrangères au mode spécial d'investigation adopté par le physionomiste de Boulogne. Aussi lui-même n'en tient-il aucun compte pour caractériser son ouvrage dont le sous-titre est : *Analyse* ÉLECTRO-PHYSIOLOGIQUE *de l'expression des passions.*

C. — *Le choix du sujet principal des expériences du Dr Duchenne prête à des objections sérieuses.*

On sait, en effet, que ce sujet est un vieillard atteint d'une affection compliquée d'anesthésie de la face, et par suite insensible, dans les expériences de Duchenne, à la douleur causée ordinairement par le courant électrique.

L'expérimentateur français y voit une condition très favo-

(1) Ibidem, *Partie scientifique*, p. 31.

(2) Dr Duchenne, ouvrage cité, *Partie scientifique*, p. 63.

rable à ses recherches. « Cet homme, nous dit-il, présentait une condition très favorable que je n'ai pas rencontrée chez d'autres sujets. — Il est peu de personnes qui consentent à se soumettre à ce genre d'expériences, parce que, sans être très douloureuse, l'électrisation des muscles de la face provoque souvent des mouvements involontaires, la contorsion des traits du visage. — Ce sujet, lui, était peu sensible. Il était atteint d'une affection compliquée d'anesthésie de la face. Je pouvais expérimenter sur cette région sans qu'il en éprouvât de la douleur, au point que je faisais contracter partiellement ses muscles avec autant de précision et de sûreté que sur le cadavre encore irritable (1). » Ainsi voilà choisi, pour servir aux expériences, un malade atteint d'anesthésie de la face, et d'une affection que Duchenne nous indique, dans une note (2), comme étant un *spasme des muscles rotateurs droits de la tête.*

Or, le Dr Duchenne pouvait-il être bien sûr que des affections de ce genre, n'altèrent en rien le caractère naturel de l'expression des émotions? Pour notre part, il nous semble grandement permis d'en douter.

A la vérité, le Dr Duchenne s'imagine qu'il aurait pu faire une étude exacte de l'expression sur le cadavre lui-même.

« Je pouvais opter, nous dit-il,... entre cet homme et la face du cadavre que j'avais souvent l'occasion, dans nos hôpitaux, d'animer devant de nombreux témoins, en localisant l'excitation électrique dans chacun de ses muscles, et sur laquelle je peignais les passions avec autant de vérité que sur le vivant. Mais rien n'est hideux et repoussant comme un tel spectacle! Malgré ma longue habitude de me trouver en présence de la mort, je déclare que j'en ai toujours été vivement impressionné, et il m'aurait répugné de livrer de telles expériences à la publicité (3). »

(1) Ibidem, p. 7.

(2) Voir Dr Duchenne, *Mécanisme de la physionomie humaine*, *Partie scientifique*, p. 7.

(3) Ibidem, *Partie esthétique*, p. 131-132.

Mais ici, à plus forte raison, nous pensons que le Dr Duchenne se fait illusion. Sans doute, l'imagination aidant, on peut dans ces grimaces hideuses reconnaître quelque imitation des mouvements qui accompagnent une expression naturelle; mais que la peinture soit fidèle, cela est évidemment impossible.

D. — *L'interprétation de ses expériences a conduit le Dr Duchenne à formuler un principe physiologique qui est une erreur grave.*

Rien, à notre avis, ne pourrait mieux que l'exemple de ce savant, établir le danger de chercher la solution des problèmes naturels en se posant en dehors de la nature. En voulant déterminer le mécanisme des expressions émotionnelles au moyen de recherches et de combinaisons dans lesquelles l'émotion n'a pas le moindre rôle, le Dr Duchenne aurait trouvé ceci qu'il élève à la hauteur d'une découverte importante :

« Dès le début de mes recherches, nous dit-il,... j'avais remarqué que le mouvement partiel (1) de l'un des muscles moteurs du sourcil, produisait toujours une expression complète sur la face humaine. Il est, par exemple, un muscle qui représente la souffrance. Eh bien! sitôt que j'en provoquais la contraction électrique, non-seulement le sourcil prenait la forme qui caractérise cette expression de souffrance, mais les autres parties ou traits du visage, principalement la bouche et la ligne naso-labiale, semblaient également subir une modification profonde, pour s'harmoniser avec le sourcil, et peindre, comme lui, cet état pénible de l'âme.

» Dans cette expérience, la région sourcilière seule avait été le siége d'une contraction très évidente, et je n'avais pu constater le plus léger mouvement sur les autres points de la face. Cependant j'étais forcé de convenir que cette modification générale des traits que l'on observait alors, paraissait être produite par la contraction synergique d'un plus

(1) Par mouvement *partiel*, le Dr Duchenne entend mouvement *isolé, séparé*.

ou moins grand nombre de muscles, quoique je n'en eusse excité qu'un seul. C'était aussi l'avis des personnes devant lesquelles je répétais mes expériences.

. . . . . .

» Un jour que j'excitais le muscle de la souffrance, et au moment où tous les traits paraissaient s'être contractés douloureusement, le sourcil et le front furent tout à coup masqués accidentellement (le voile de la personne sur laquelle je faisais cette expérience, s'était abaissé sur ses yeux). Quelle fut alors ma surprise en voyant que la partie inférieure du visage n'éprouvait plus la moindre apparence de contraction.

» Je renouvelai plusieurs fois cette expérience, couvrant et découvrant alternativement le front et le sourcil; je la répétai sur d'autres sujets, et même sur le cadavre encore irritable, et toujours elle donna des résultats identiques, c'est-à-dire que je remarquai sur la partie du visage placée au-dessous du sourcil la même immobilité complète des traits; mais à l'instant où les sourcils et le front étaient découverts, de manière à laisser voir l'ensemble de la physionomie, les lignes expressives de la partie inférieure de la face semblaient s'animer douloureusement.

» Ce fut un trait de lumière; car il était de toute évidence que cette contraction apparente et générale de la face n'était qu'une illusion produite par l'influence des lignes du sourcil sur les autres traits du visage (1). »

Jusqu'ici il n'y a rien qui ne puisse et ne doive être admis. Manifestement cette irradiation à toute la face, d'une expression simulée par la contraction du sourcil, n'est qu'une illusion. Mais d'après le Dr Duchenne, parce que cette illusion accompagne ses expériences, il croirait avoir le droit de conclure que les choses se passent ainsi dans l'expression naturelle des émotions. Selon lui, il est des muscles dont la

(1) Dr Duchenne (de Boulogne), *Mécanisme de la physionomie humaine, Considérations générales*, p. 18-20.

contraction isolée en imprimant sur la face le trait principal d'une émotion, semble produire par une loi physiologique inhérente à notre organisation, la contraction synergique d'autres muscles de manière à dessiner une expression qui se répand sur tout le visage, quoique en réalité ces derniers muscles soient restés complétement immobiles. Nous subirions forcément cette illusion comme un effet propre de notre organisation, et l'imagination compléterait ainsi le trait essentiel d'une émotion de façon à harmoniser l'expression de toute la face. Ce phénomène serait analogue à celui du contraste simultané des couleurs, étudié par Chevreul. Duchenne nous expose ainsi cette idée :

« En vertu de quelle loi un mouvement circonscrit dans un point de la partie supérieure de la face peut-il imprimer, en apparence, une telle modification aux autres traits de cette région?

» C'est ici le lieu de comparer à ce phénomène les effets d'illusion exercés sur l'organe visuel par le rapprochement de certaines teintes. M. Chevreul, directeur de la manufacture des Gobelins et membre de l'Institut, a publié sur ce sujet un ouvrage d'un très grand mérite, et surtout d'une grande utilité pratique dans la peinture (1). Ce savant a démontré que des couleurs, et même seulement des nuances placées les unes à côté des autres, se modifient tellement et de telle manière, que l'œil les voit tout autres qu'elles ne sont en réalité. Mettez, par exemple, une couche de couleur orangée à côté d'une teinte grise : si le gris est bleuâtre, il paraîtra bien pâle; s'il tire sur le jaune, il paraîtra verdâtre (2). »

Le médecin de Boulogne admire beaucoup la simplicité avec laquelle se trouve ainsi réalisée l'expression d'une émotion.

« L'utilité de l'illusion produite par certains traits du vi-

(1) *Traité du contraste simultané des couleurs.*

(2) Dr Duchenne, ouvrage cité, *Considérations générales*, p. 21.

sage ne saurait, nous dit-il, être méconnue. En voici, je crois, les principaux avantages :

» 1° Si pour peindre chaque passion ou chaque sentiment, il eût été nécessaire de mettre tous les muscles simultanément en jeu, afin de modifier les traits de la face d'une manière générale, l'action nerveuse eût été beaucoup plus compliquée.

» 2° Les traits qui représentent l'image d'une passion étant réduits à un muscle ou à un petit nombre, et dans un point limité de la face, leur signification devenait plus facile à saisir.

» 3° Ces traits, quoique circonscrits, devaient impressionner davantage en exerçant une influence générale ; mais les passions à exprimer étant assez nombreuses, il ne fallait pas trop multiplier les contractions des muscles qui servent à en tracer les signes et dont le nombre est limité.

» Reconnaissons ici que l'ingénieux artifice employé par la nature pour arriver à ses fins est digne de notre admiration. Si, en effet, à la vue d'un mouvement aussi limité et qui nous fait connaître l'image parfaite d'une émotion, il nous semble que la face s'est modifiée d'une manière générale, si nous subissons de telles illusions, c'est uniquement en vertu de notre organisation, en vertu d'une faculté que nous possédons en naissant (1). »

Ailleurs (2), ce savant insiste de nouveau sur cette question qui lui paraît intéresser au plus haut degré l'étude de l'expression de la physionomie.

Voilà donc les idées de Duchenne relativement à cette soi-disant découverte. Eh bien! il nous paraît manifeste que le physionomiste de Boulogne se trompe ici.

L'espèce de faculté occulte qu'il fait dépendre ainsi de notre organisation, n'est pas du tout nécessaire. L'illusion indiquée dans les expériences de Duchenne est tout simple-

(1) Dr Duchenne, ouvrage cité, *Considérations générales*, p. 22-23.
(2) Ibidem, *Partie scientifique*, p. 49-52.

ment un effet de l'habitude que nous avons de voir complétement réalisée dans la nature l'expression d'une émotion, dès le moment où la touche principale apparaît. Par suite, en effet, de cette habitude, lorsque Duchenne, dans des conditions factices, fait naître le trait fondamental de l'expression; l'imagination supplée, en vertu de l'association des sensations, les traits accessoires. Rien, d'ailleurs, de plus commun que ce travail supplémentaire de l'imagination pour ajouter à ce qu'il y a d'incomplet dans les apparences qui se rattachent à des formes connues. Plutarque a écrit sur la représentation apparente d'une tête humaine qui se verrait dans la *Pleine Lune*. Certes, il n'y a là qu'une ressemblance bien grossière. Et cependant appelez sur elle l'attention d'un enfant, ou cherchez vous-même à y reconnaître cette face, l'imagination suppléera à la grossière imperfection de l'image et vous verrez effectivement une face humaine. Un homme et un clocher situés respectivement à des distances telles qu'on les aperçoit tous deux sous un même angle visuel, ont optiquement exactement la même hauteur, mais comme on sait, d'ailleurs, que le clocher est le plus élevé, l'imagination redresse l'erreur et elle rend au clocher les proportions habituelles.

L'illusion produite dans les expériences de Duchenne ne prouve donc pas que les choses se passent *ainsi* dans l'expression naturelle des émotions. Au contraire, cette illusion vient de ce que nous sommes habitués à voir les choses *autrement* dans la nature, où les expressions sont complétement réalisées par les mouvements synergiques de plusieurs muscles. Sous l'empire de cette habitude, lorsque, par suite d'une opération artificielle, la touche principale d'une expression apparaît, l'imagination supplée le reste.

Quant à l'assimilation invoquée par Duchenne, entre sa prétendue découverte et la loi du contraste simultané des couleurs donnée par Chevreul, elle ne s'appuie sur rien.

Voici en quoi consistent les phénomènes étudiés par Chevreul : si l'on place l'une à côté de l'autre deux couleurs

différentes, l'observation montre qu'elles semblent réagir l'une sur l'autre de manière à modifier leurs teintes respectives. Ainsi, par exemple, lorsque l'on juxtapose la couleur rouge et la couleur orangée, le rouge tire sur le violet et l'orangé sur le jaune. La loi de la modification ainsi produite dans les couleurs, a été parfaitement établie par Chevreul : *la couleur modifiée l'est toujours comme si à sa teinte primitive on ajoutait la couleur complémentaire de la teinte voisine* (1).

On a donné de ce phénomène des explications plus ou moins plausibles. Mais, quoi qu'il en soit, la loi de Chevreul n'a absolument rien de commun avec l'illusion éprouvée par le Dr Duchenne.

En effet, dans le contraste simultané des couleurs, chacune d'elles exerce son action propre sur la rétine de l'œil, et comme ces actions sont simultanées, on conçoit que l'impression particulière aux deux couleurs puisse être altérée. Puisque la perception des couleurs est quelque chose de purement subjectif qui dépend du mode d'action de certains objets lumineux sur la rétine, on comprend que si ce mode d'action vient à se compliquer de conditions particulières, la sensation subjective subordonnée se modifie également. Mais dans l'illusion subie par le Dr Duchenne, il ne saurait être question d'*action réciproque*, puisque, à côté du mouvement produit dans un muscle déterminé, il y a *immobilité* complète dans les autres muscles voisins; et par conséquent l'explication de ce savant tendrait à faire admettre le néant comme un agent positif.

Il n'y a donc aucun motif pour chercher dans l'illusion du Dr Duchenne une autre cause que le jeu de l'imagination. Ce rôle parfaitement constaté de l'imagination ajoutant ce qui manque à la représentation incomplète d'un phénomène connu, suffit très bien à expliquer l'illusion décrite, sans

(1) On appelle en physique couleurs *complémentaires* celles qui réunies produiraient le blanc.

qu'il soit nécessaire de recourir à une loi nouvelle quelconque. Seulement cette illusion prouve qu'il faut se tenir en garde contre les inductions fournies par des expériences du genre de celles qu'a faites Duchenne.

Ainsi il n'est pas admissible qu'une expression complète puisse être produite *dans la nature*, par le *jeu réel* d'un seul muscle combiné au *jeu purement apparent* de plusieurs autres. Comme le dit excellemment sir Ch. Bell : « Dans les traits d'un visage animé par la passion, il y a harmonie et unité d'expression. Ce n'est pas sur un trait isolé qu'agit l'émotion; mais toute la face est marquée d'une expression dont tous les mouvements sont synergiques. Le fait doit être rapporté à quelque cause qui influence d'une manière *générale* les conditions toniques de l'organisation (1). »

E. — *Les moyens de contrôle imaginés par Darwin pour vérifier l'exactitude des photographies de Duchenne, sont purement illusoires.*

Les considérations que nous venons de présenter sur le rôle de l'imagination suffisent pour établir cette proposition.

Que fait, en effet, le naturaliste anglais pour s'assurer si une photographie de Duchenne est la représentation fidèle d'une émotion déterminée? Il soumet la figure à l'examen de différentes personnes pour leur faire deviner l'émotion que l'on a voulu peindre. Si la plupart s'accordent à désigner l'expression indiquée par Duchenne, Darwin en conclut que la représentation est naturelle. Or, cette conclusion est-elle légitime? Nous ne le pensons pas. Dès le moment où la photographie réussit à ressembler *à peu près* à l'expression d'une émotion déterminée, les personnes interrogées arrivent

(1) « In the features of an impassioned countenance there is a consent and » accordance of expression. It is not upon a single feature that the emotion » operates; but the whole face is marked with expression, all the movements » of which are consentaneous. This is referable to some cause acting *gene-* » *rally* on the tone and state of the frame. » Sir Ch. Bell, *The anatomy and philosophy of expression as connected with the fine arts*, 6th edition, p. 153. London, 1872.

souvent, on le comprend, à deviner juste, la représentation fût-elle d'ailleurs inexacte relativement à une infinité de nuances de détail. Qui ne retrouve facilement les personnages connus lorsqu'ils se présentent sous le croquis de caricaturistes exercés, de Cham ou du *Kladderadatsch*, par exemple? En fait, plusieurs épreuves de Duchenne, quelque intéressantes qu'elles puissent être à d'autres égards, ne sont guère que des caricatures lorsqu'on veut y voir la représentation des émotions de l'âme.

Au reste, Darwin lui-même avoue qu'il a parfois été la dupe de son imagination en croyant à l'exactitude des photographies du médecin de Boulogne. C'est ainsi que Duchenne, en vertu de la prétendue découverte que nous venons d'examiner plus haut, a cru pouvoir peindre l'expression de la *dureté* ou *méchanceté* par la seule contraction du pyramidal du nez, sans aucun froncement des sourcils (1). Darwin, *sachant d'avance* ce que l'on avait voulu représenter, trouvait effectivement l'expression fidèle. Mais sur onze personnes auxquelles il a présenté la photographie d'un jeune homme dont le pyramidal était ainsi contracté, pas une, quoique plusieurs d'entre elles fussent artistes, ne devina ce que l'on avait voulu représenter, excepté une jeune fille qui répondit : *réserve sombre*. Darwin reconnut donc lui-même que son imagination l'avait égaré. « Lorsque, dit-il, je regardai d'abord cette photographie, sachant ce que l'on voulait représenter, mon imagination, à ce que je crois, ajouta ce qui était nécessaire, c'est-à-dire, le froncement du sourcil; et par conséquent l'expression me fit l'effet d'être vraie et extrêmement morose (2). »

(1) Dr Duchenne, *Mécanisme de la physionomie humaine, Partie scientifique*, p. 27-34; *Album*, fig. 16-18. Paris, 1862.

(2) « When I first looked at this photograph, knowing what was intended, my imagination added, as I believe, what was necessary, namely, a frowning brow; and consequently the expression appeared to me true and extremely morose. » Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, pag. 231-232.

Mais ce qui doit étonner profondément, c'est que Darwin, au lieu de conclure de là qu'il faut se défier de l'imagination lorsque sur des apparences plus ou moins complètes, elle conduit à affirmer la fidélité de l'expression représentée par Duchenne, conclut, au contraire, qu'il faut se défier de l'imagination si, sans avoir été influencée d'abord par la lecture des explications de Duchenne, elle prononce contre le médecin français. C'est ainsi qu'après avoir rappelé l'habitude où il était de présenter au jugement de différentes personnes les photographies de Duchenne, il dit : « Les jugements les plus disparates étaient émis par rapport à quelques-unes d'entre elles. Cette exhibition était... utile pour me convaincre de la facilité avec laquelle nous pouvons être égarés par notre imagination. Car lorsque je regardai pour la première fois les photographies du Dr Duchenne, *en lisant en même temps le texte, et apprenant ainsi ce que l'on voulait représenter*, je fus frappé d'admiration à la vue de l'exactitude complète de toutes, à peu d'exceptions près. Néanmoins, si je les avais examinées sans aucune explication, il n'est pas douteux que je n'eusse été aussi embarrassé en divers cas que d'autres personnes l'ont été (1). »

Il nous semble que Darwin, puisqu'il a été forcé de reconnaître que l'influence de la lecture du texte avait parfois égaré son imagination, n'aurait dû accorder quelque confiance qu'aux photographies dont le caractère naturel l'avait frappé indépendamment de tout commentaire de Duchenne. Et, de fait, si nous nous trouvons en face d'un homme transporté par la colère, si nous voyons pleurer, rire aux éclats,

(1) « The most widely different judgments were pronounced in regard to » some of them. This exhibition was of use, ... by convincing » me how easily we may be misguided by our imagination ; for when I first » looked trough Dr Duchenne's photographs, reading at the same time the » text, and thus learning what was intended, I was struck with admiration » at the truthfulness of all, with only a few exceptions. Nevertheless, if I » had examined them without any explanation, no doubt I should have been » as much perplexed, in some cases, as other persons have been. » Ib.. p. 14.

sourire, etc., quel est celui qui a besoin de commentaires pour reconnaître aussitôt le caractère de telles expressions?

En résumé, la critique de Darwin, à notre avis, a été manifestement en défaut dans l'importance qu'il attache aux recherches du Dr Duchenne sur les phénomènes émotionnels. Dans ces sortes de combinaisons où l'expression des émotions est représentée par des *à peu près*, il est extrêmement facile de se laisser égarer par l'imagination. Darwin reconnaît l'avoir appris à ses dépens en ce qui regarde la contraction isolée du pyramidal du nez; mais dans d'autres cas où il croit s'être mis à l'abri de toute erreur, les raisons qu'il invoque sont loin d'être décisives. Il trouve, en général, que les œuvres de la peinture et de la statuaire ne lui ont guère été utiles pour l'étude de l'expression. Mais il n'est pas douteux pour nous que les chefs-d'œuvre en ce genre ne soient de nature à donner des idées beaucoup plus justes de l'expression que ne peuvent le faire les photographies de Duchenne. Sir Ch. Bell, par exemple, a donné un charmant dessin du rire d'un adolescent (1) : que l'on compare une esquisse quelconque de ce genre aux photographies du médecin de Boulogne, et que l'on nous dise où se trouve l'expression la plus naturelle et la plus vraie.

Tout en admettant donc que les recherches de Duchenne sont très intéressantes, nous croyons qu'elles éclairent fort peu le problème de l'expression des émotions. Si elles apportent quelques faits nouveaux, il s'y trouve mêlé, selon nous, des erreurs graves. Nous ne pouvons donc suivre le médecin de Boulogne, lorsqu'il pense avoir apporté « la démonstration expérimentale et la plus complète des faits principaux qui forment la base de la *grammaire* et de l'*orthographe* de la physionomie humaine (2). » C'est là, pensons-nous, une illusion;

(1) Voir Sir Ch. Bell, *The anatomy and philosophy of expression* 6th edition, p. 146. London, 1872.

(2) Dr Duchenne, *Mécanisme de la physionomie humaine. Partie esthétique*, p. 129. Paris, 1862.

et, comme nous croyons l'avoir montré, la lumière que projettent sur le mécanisme de l'expression les expériences de Duchenne, est souvent incertaine, et parfois elle n'est visiblement qu'un mirage trompeur.

Ce ne sont pas les expériences de Duchenne qui expliquent les phénomènes émotionnels, mais au contraire, c'est dans la connaissance préalablement acquise de ceux-ci par l'observation ordinaire, que le physionomiste français puise l'explication de ses expériences. Et la représentation artificielle est toujours moins parfaite que la connaissance préalable qui l'inspire.

Aussi trouvons-nous parfaitement justes, à l'endroit des assertions de Duchenne, les remarques suivantes :

« Pour qu'on accepte ses affirmations, nous dit Albert Lemoine, sur le sens particulier des traits et des muscles du visage, quelques preuves ne seraient pas inutiles.

» Or, c'est par la démonstration que pèche cette ingénieuse théorie, dans ses principes comme dans ses détails (1). »

Abbé A. Lecomte,
Directeur de l'École Normale de l'État, à Mons.

(1) Albert Lemoine, *De la physionomie et de la parole*, p. 82. Paris, 1865.

LA

PLACE DE L'HOMME DANS LA CRÉATION.

Plus encore que la précédente (1), la présente étude trouve sa raison d'être et, si l'on veut, sa justification dans les circonstances actuelles, et c'est pour l'auteur une excuse, dont il est heureux de se prévaloir. En ce temps de transformisme où certains esprits, peu soucieux de la dignité humaine, travaillent avec un zèle vraiment digne d'une meilleure cause à combler l'intervalle qui jusqu'ici avait semblé nous séparer de la brute, est-il permis à ceux qui n'éprouvent pas ce besoin de s'avilir eux-mêmes de rester indifférents, et n'est-ce pas, pour tout homme qui se respecte, un devoir sacré de combattre et de réduire à néant ces funestes et lamentables doctrines ? La chose n'est pas difficile du reste ; on s'en convaincra en parcourant ces pages qui, si incomplètes qu'elles soient, nous semblent suffire pour montrer aux hommes sincères combien sont faibles les raisons sur les-

(1) Voir dans la livraison de janvier l'article qui a pour titre : *Les Caractères distinctifs de l'animalité.*

quelles s'appuient les nouvelles théories. Puisse cette ébauche provoquer de la part de quelque naturaliste ou de quelque philosophe compétent une étude plus savante et plus approfondie de la question.

Tout homme, lorsqu'il se compare aux animaux, a conscience de sa supériorité. Nos modernes transformistes, ceux qui affirment le plus haut l'origine simienne de l'homme, sont obligés de le reconnaître; mais ils s'empressent d'ajouter que ce n'est là qu'une question de *sentiment* (1); or, le *sentiment* n'a pas cours dans la science.

En est-il vraiment ainsi, et faut-il donc admettre que l'homme se trompe, lorsqu'il se considère comme le roi de la création, tellement supérieur à l'animal qu'une distance immesurable l'en sépare ? En d'autres termes, est-il vrai qu'une différence de degré seulement distingue les hommes de certains animaux, et qu'il faille considérer les uns et les autres comme deux espèces d'un même genre, ou tout au moins comme deux genres d'une même famille ? — Telles sont les questions auxquelles nous nous proposons de répondre.

Les animaux auxquels on a fait l'honneur insigne de les comparer à notre espèce, appartiennent à la famille des singes, et ils ont reçu pour cette raison le nom de singes *anthropomorphes* ou *anthropoïdes*.

Les singes anthropomorphes forment une tribu parfaitetement distincte dans laquelle entrent quatre genres : le chimpanzé, le gorille, l'orang et le gibbon. Dépourvus de queues, munis de mamelles pectorales, de 32 dents et de plusieurs autres attributs de l'homme, ces animaux présentent extérieurement avec lui de nombreux traits d'analogie. Ils habitent tous l'ancien continent.

Le chimpanzé, appelé aussi *Troglodyte noir* ou *Jocko*,

(1) Topinard, l'*Anthropologie*, 1876, p. 26.— Les erreurs scientifiques ne manquent pas dans cet ouvrage. Où l'auteur a-t-il pris, par exemple, que le gisement de Saint-Prest appartient aux terrains *miocènes* (p. 558)? Il n'est même pas prouvé qu'il soit pliocène.

est généralement considéré comme le plus parfait des singes, si l'on fait consister la perfection dans l'imitation des formes physiques de l'homme. Il a cependant une paire de côtes de plus que notre espèce ; mais contrairement aux autres animaux de sa tribu, il a les ongles aplatis. Sa taille est de cinq pieds environ. On le trouve dans l'Afrique occidentale.

Connu d'une manière certaine depuis trente ans seulement (1847), le gorille habite aussi l'Afrique. Comme le chimpanzé, il a treize paires de côtes ; mais il est plus grand, plus fort et surtout plus féroce. C'est de tous les singes celui qui se rapproche le plus de l'homme par la taille, mais peut-être aussi celui qui s'en éloigne le plus par les mœurs.

L'orang, dont la principale espèce est l'orang-outan, est le plus populaire, comme aussi le mieux connu des singes anthropomorphes. Il vit à Bornéo et à Sumatra. Depuis longtemps importé en Europe, il y a été longuement étudié ; mais il est arrivé trop souvent que l'on a pris pour les mœurs naturelles à son espèce ce qui n'était que le résultat de l'éducation. La facilité avec laquelle il se laisse instruire, et sa tendance à imiter nos mouvements lui ont valu le nom d'*homme sauvage* ou d'*homme des bois*. Mais ce nom que lui a donné le vulgaire n'est fondé, nous le verrons bientôt, que sur de trompeuses apparences de similitude. Même au point de vue physique, il diffère complétement de l'homme, et le cède, sous ce rapport, au chimpanzé et au gorille.

Le gibbon que Linné avait associé à l'homme sous le nom d'*homo lar*, est plus imparfait encore que les genres précédents. Les callosités qui le déforment et l'enlaidissent lui assignent à première vue un rang inférieur. Sa structure anatomique est cependant fort analogue à celle de l'homme. Cet animal habite la même contrée que l'orang-outan.

Ces notions très élémentaires seront complétées bientôt par le rapprochement même qu'il nous faudra établir entre l'homme et ces animaux. Rappelons d'abord brièvement l'*historique* de notre question.

Il existe dans l'homme des caractères de deux ordres par-

faitement distincts, les uns physiques, les autres moraux, les uns matériels et organiques, les autres intellectuels et psychologiques. Cette double nature de l'homme, cette dualité de caractères explique la multiplicité des opinions touchant la place véritable qu'il doit occuper dans l'échelle des êtres. On l'a fait passer par tous les degrés de nos classifications, selon qu'on s'est placé à l'un ou à l'autre de ces divers points de vue. « Le tableau des contradictions de l'esprit humain, a dit Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, est ici complet; pas une case n'y reste vide (1). »

Aristote, dès l'origine de la science, Albert-le-Grand, au moyen-âge, plus récemment les deux Geoffroy, de nos jours M. de Quatrefages et plusieurs autres naturalistes qui n'excluent pas de leurs études le côté philosophique, ont fait de l'homme un *règne* spécial.

Zenker et Carus, deux naturalistes allemands, presque contemporains, en ont fait tour à tour un *embranchement* et une *classe*.

Cuvier l'a placé dans un *ordre* distinct, celui des Bimanes.

Charles Bonaparte et Dugès en ont fait un *sous-ordre*.

Un Américain, Goldman, une *famille*.

Enfin Linné fait successivement de l'homme un *genre*, dans son *Systema naturæ*, et une espèce, l'*Homo sapiens*, qu'il accole à l'*Homo lar* ou au gibbon, dans sa *Mantissa plantarum*.

Nous n'avons pu citer Buffon. On sait en effet le dédain que professait cet éminent naturaliste pour les classifications. Quelques passages isolés semblent prouver cependant que l'homme n'était pour lui que le premier des animaux. « La première vérité qui sort de cet examen sérieux de la nature, dit-il quelque part, est une vérité peut-être humiliante pour l'homme : c'est qu'il doit se ranger lui-même dans la classe des animaux (2). » Il est vrai qu'il dit ailleurs : « L'homme

(1) *Histoire naturelle générale.*

(2) *Histoire naturelle* ; t. I, p. 12 ; 1749.

est d'une nature différente » de celle de l'animal; « seul il fait une classe à part... Il est d'une nature si supérieure à celle des bêtes qu'il faudrait être aussi peu éclairé qu'elles le sont pour pouvoir les confondre (1). »

Il n'y a ici qu'une contradiction apparente. Ces deux passages s'expliquent l'un par l'autre; dans un cas, c'est le naturaliste qui parle; dans l'autre, c'est le philosophe.

Nous avons vu que, dans l'un de ses ouvrages, Linné avait rabaissé l'homme jusqu'à en faire une espèce congénère du dernier et, selon nous, du plus hideux des singes anthropomorphes, du gibbon. C'est qu'au point de vue organique, ce naturaliste trouvait à peine une différence entre l'homme et le singe. « Je n'ai pu découvrir jusqu'à ce jour un seul caractère propre à l'homme, » écrivait-il en 1746. Mais au point de vue philosophique, il n'a jamais méconnu la grandeur morale et intellectuelle de l'homme qu'il définit ainsi dans son *Systema naturæ : Homo sapiens, creatorum operum perfectissimum, ultimum et summum....*

Linné reconnaissait du moins, même au point de vue purement matériel, des différences spécifiques. Il a été depuis considérablement dépassé. Des auteurs n'ont pas craint de supprimer entièrement les dernières limites de l'humanité et de l'animalité : « tâche impossible, dirons-nous avec Isidore Geoffroy, qu'ont entreprise, tentés peut-être par son impossibilité même, quelques esprits aventureux, non seulement du dix-huitième siècle, mais du nôtre. Tout récemment encore on prétendait nous faire voir, dans deux des races humaines de l'hémisphère austral, un double passage de l'homme aux orangs! Mais les auteurs qui ont le courage de défendre, à la lumière de la science actuelle, ces paradoxes vieillis, ces erreurs d'un autre âge, ne sont pas des naturalistes; et je n'ai pas à descendre ici à leur suite dans les bas fonds de la science et de la philosophie (2). »

(1) *Ibid.*, t. II, p. 437 et 443; édition de Flourens, t. II, p. 5 et 8.
(2) *Hist. nat. gén.*, t. II, p. 184.

Nous venons de voir combien nombreuses sont les opinions des naturalistes touchant la véritable place de l'homme dans la nature et ses rapports avec les autres êtres. C'est au milieu de toutes ces opinions contradictoires qu'il nous faut faire un choix.

L'on peut, avons-nous dit, considérer l'homme au double point de vue de sa constitution physique et de ses facultés intellectuelles et morales. Le naturaliste classificateur doit-il l'envisager sous ce double aspect, ou ne voir en lui que la nature et la disposition de ses organes, en faisant abstraction de ses qualités intellectuelles et psychologiques?

Sans vouloir immédiatement nous prononcer sur cette question, constatons que la plupart des naturalistes, que ceux du moins qui ne se posent pas en philosophes, ne considèrent dans l'homme que le côté physiologique et qu'à ce point de vue il leur est bien permis de le rattacher au règne animal. Quant à ses facultés intellectuelles, elles sont d'une nature si spéciale que, si on les prend en considération, il faut nécessairement le placer dans un règne à part. Par conséquent, admettre entre lui et l'animal des traits de ressemblance, le rapprocher sous le rapport anatomique des êtres inférieurs, reconnaître qu'il constitue zoologiquement un ordre ou un genre dans la série animale, ce n'est point nier l'existence du règne humain. Le même auteur peut tour à tour, comme l'a fait Buffon, voir dans l'homme un animal et un être distinct de l'animal, selon qu'il se pose en naturaliste ou en philosophe. Il resterait à se demander si l'examen des facultés intellectuelles de l'homme n'est pas aussi bien du ressort du naturaliste que du philosophe et si, par conséquent, pour être logique et pour être complet, le naturaliste ne devrait pas reconnaître le *règne humain;* mais cette question n'est que secondaire. Le point important est de savoir s'il est possible d'admettre des différences essentielles entre l'homme et les animaux qui s'en rapprochent le plus. Voyons donc si ces différences existent et, dans ce cas, en quoi elles consistent, tant dans l'ordre matériel que dans l'ordre moral.

I. CARACTÈRES DE L'ORDRE PHYSIQUE.

Dans l'ordre matériel ou physique, les caractères généralement considérés comme propres à l'homme et les seuls qui méritent de fixer notre attention sont les suivants :

1. L'attitude verticale;
2. L'existence de deux mains seulement;
3. La forme du système dentaire;
4. La nudité partielle de la peau;
5. La structure de l'encéphale;
6. La conformation générale de la tête.

Nous examinerons et appécierons successivement les uns et les autres sans essayer d'en exagérer ni d'en atténuer l'importance. Il ne faut pas oublier, du reste, que ce n'est point dans cet ordre de choses que réside la différence essentielle qui nous sépare de la brute. Notre identité avec l'animal au point de vue anatomique viendrait à être démontrée que cela ne *troublerait* en rien, quoi qu'on en dise, *la sérénité des légendes passées* (1); ce serait au contraire une nouvelle preuve que notre supériorité intellectuelle ne tient pas à la perfection des organes, mais bien à la présence en nous d'une faculté qui n'existe à aucun degré chez l'animal.

1. *L'attitude verticale.* — Si l'on en croyait Linné et Buffon, qui ne font en cela qu'exprimer les idées de leur temps, ce premier des caractères anatomiques propres à l'homme serait absolument dénué de valeur : la station verticale appartiendrait également au singe. « Il y a, dit le premier de ces naturalistes, des singes qui ont le corps droit comme l'homme et qui, comme lui, *marchent sur deux pieds.* » Buffon s'exprime en des termes analogues : « J'appelle singe, dit-il, un animal sans queue, dont la face est aplatie, dont les dents, les mains, les doigts et les ongles ressemblent à ceux de l'homme et qui, comme lui, *marche debout* sur ses

(1) Expressions du Dr Topinard (*Ouvrage cité*, p. 202).

deux pieds; » et cette description est accompagnée d'une gravure, devenue presque célèbre, qui représente un chimpanzé ou jocko dans l'attitude verticale propre à l'homme. Ces fausses idées concernant la véritable attitude des singes anthropomorphes tenaient à ce que l'on n'avait pu jusque-là observer ces animaux qu'à l'état de domesticité, c'est-à-dire, dans des conditions où leurs mœurs s'étaient nécessairement modifiées par suite de l'éducation qu'ils avaient reçue et de cet instinct d'imitation qui les porte à reproduire tous les actes dont ils sont témoins. On a fini par comprendre que c'était à l'état de nature qu'il fallait les étudier; on l'a fait, et aujourd'hui tous les naturalistes conviennent que les singes, même les plus rapprochés de l'homme, le chimpanzé et le gorille par exemple, sont avant tout des animaux grimpeurs et ne sont nullement organisés pour la marche, encore moins pour la station verticale. C'est à peine s'ils peuvent faire deux ou trois pas dans cette position; ils retombent toujours en avant. Les extrémités de leurs membres postérieurs ne sont pas organisées pour marcher de la sorte; ce ne sont pas des pieds, mais des mains parfaitement conformées, souvent même mieux conformées que les mains antérieures; car le pouce y est toujours opposable aux autres doigts.

« De tous les êtres de la création, dit Godron, l'homme seul est organisé pour la station verticale, seul il marche naturellement debout; c'est là un caractère essentiel qui le sépare nettement de tous les animaux. La station verticale chez l'homme résulte de la conformation spéciale du squelette, de l'équilibre établi non-seulement dans l'action des muscles, mais aussi dans le poids des différents organes splanchniques (1). »

Les singes anthropomorphes sont si peu constitués pour la station verticale que, même à l'état de domesticité, ils sont obligés de se servir d'un bâton pour se maintenir dans

(1) *De l'espèce et des races*, t. II, p. 119.

cette position anormale. Cependant leur attitude naturelle, lorsqu'ils marchent, n'est pas horizontale comme celle des autres mammifères, elle est oblique, et c'est là une conséquence de la longueur démesurée de leurs membres antérieurs. Sous ce rapport ils sembleraient donc tenir le milieu entre l'homme et les autres singes.

Comme les singes sont organisés pour la station horizontale ou oblique, les hommes le sont pour la station verticale. Ce n'est point à l'éducation que l'homme doit de marcher debout, c'est à l'ensemble de son organisation, à la structure du pied, surtout. L'éducation ne parviendrait jamais à transformer une main en pied, à faire, par exemple, que dans sa marche le singe reposât complétement sur la face inférieure des extrémités de ses membres. Le point d'insertion de la tête à la colonne vertébrale nécessite encore chez l'homme la position verticale ; « La manière dont la tête s'articule à la colonne vertébrale, dit le voyageur naturaliste du Chaillu, oblige l'homme à se tenir debout, tandis que, chez le singe, cette articulation est telle qu'il est obligé de rejeter sa tête en arrière, quand il est debout, afin de maintenir l'équilibre imparfait de son corps; aussi ai-je souvent remarqué que le gorille ne peut garder que *très peu de temps* l'attitude verticale (1). »

Il serait inutile de rien ajouter à un témoignage aussi précis. A lui seul il suffirait pour résoudre la question que nous nous sommes posée et démontrer que l'attitude verticale est bien réellement un caractère propre à l'homme.

2. *Existence de deux mains seulement.* — Tous les hommes et les hommes seuls n'ont-ils que deux mains? — De la réponse à cette question dépendra la valeur de ce second caractère.

Cuvier, nous l'avons vu, avait établi pour l'homme un ordre spécial qu'il constituait à lui seul, l'ordre des *bimanes*. C'est dire que ce naturaliste résolvait affirmativement la

(1) *Voyages et aventures dans l'Afrique équatoriale*, p. 424.

question que nous venons de poser; et pourtant il était, semble-t-il, moins que tout autre en droit de le faire. Pour Cuvier, en effet, comme pour la plupart des zoologistes de son école, ce qui constituait la main c'était « la faculté d'opposer le pouce aux autres doigts. » Or Isid. Geoffroy prétend, d'une part, que cette faculté d'opposer le pouce aux autres doigts, n'appartient pas toujours aux quatre membres chez les singes, et, d'autre part, que chez l'homme même elle n'est pas propre aux membres supérieurs seulement, mais qu'elle se retrouve dans les membres inférieurs, c'est-à-dire dans les pieds. Il faudrait donc dire, si l'on admet cette définition de la main, que les hommes sont quadrumanes et que les singes sont les uns bimanes, les autres quadrumanes. Le caractère distinctif de l'homme qui résulte du nombre des mains disparaîtrait en conséquence.

Il existe, en effet, un grand nombre de singes dont les mains antérieures sont *tétradactyles*, c'est-à-dire dépourvues de pouces : tels sont les atèles et les ériodes. Chez d'autres, par exemple chez les ouistitis, le pouce existe, il est vrai, mais n'est pas opposable aux autres doigts. Aux termes de la définition de Cuvier, tous ces singes n'auraient donc que deux mains : ils seraient *bimanes* comme nous, quoique d'une manière différente, parce que, contrairement à ce qui existe chez l'homme, ce seraient leurs membres postérieurs qui seraient seuls constamment pourvus de mains. Quoi qu'il en soit, pour être logique, Cuvier eut dû classer dans l'ordre des bimanes la moitié des singes et spécialement tous ceux d'Amérique.

Il y a plus; si l'on s'en tenait à la définition qui précède, l'homme lui-même ne serait pas réellement *bimane*. Le pouce du pied est, nous dit-on, de sa nature opposable aux autres doigts. Il n'est pas constitué d'une autre manière que le pouce de la main; il possède les mêmes muscles fléchisseurs, abducteurs et extenseurs; seulement, chez l'homme civilisé ces muscles sont comme paralysés par suite de l'inaction et de l'emprisonnement que la chaussure leur fait subir. Qu'on

leur rende leur liberté d'action, qu'on les abandonne à leur mouvement naturel, et les pieds deviendront des mains, imparfaites, il est vrai, mais auxquelles s'appliquera néanmoins la définition communément admise. Ce n'est point là une pure hypothèse : des faits nombreux confirment ce que nous avançons. « C'est à l'aide du gros orteil, dit Is. Geoffroy, que les bateliers de Ka-Ching, en Chine, tiennent la rame ; que les menuisiers, sur d'autres points de la Chine, assujettissent les pièces qu'ils travaillent de leurs mains ; que plusieurs Américains, très adonnés à l'équitation, saisissent l'étrier. Les tisserands du Sénégal emploient également le gros orteil avec beaucoup d'adresse dans les travaux de leur art. Au Brésil, dans la province de Malto-Grosso, les Guaycurus, peuple par excellence cavalier et chasseur, lancent indifféremment la *boule* de la main ou du pied ; et sur les bords de l'Araguay, les Carajas, lorsqu'ils tissent leurs hamacs de coton, tiennent le *partissoir* entre le gros orteil et le reste du pied : ceux-ci sont même tellement adroits de leur *autre* main qu'ils s'en servent pour les usages les plus variés, par exemple, pour dépouiller les voyageurs qui les visitent avec une dextérité et une prestesse qu'un habitué de Poissy ou de New-Gate pourrait envier à ces sauvages (1). »

Ajoutons que des faits analogues ne manquent pas dans nos pays mêmes où cependant l'usage général de la chaussure pourrait donner la raison de leur rareté. N'a-t-on pas vu des gens manier le sabre, battre le tambour, jouer aux cartes ou aux dés, sculpter, dessiner, peindre même avec le pied ? Tous ces faits, qu'expliquent d'ailleurs les données de l'anatomie, nous semblent prouver que le gros orteil est naturellement opposable aux autres doigts et qu'à ce titre le pied de l'homme pourrait être considéré comme une véritable main. L'homme serait donc quadrumane.

Est-ce à dire qu'il n'existe au point de vue où nous nous plaçons, au point de vue des organes de préhension, aucune

(1) *Hist. nat. gén.*, t. II, p. 200.

différence essentielle entre l'homme et le singe? Nullement; mais pour que la main puisse constituer un caractère propre à notre espèce, il faut nécessairement en modifier la définition. Celle d'Isid. Geoffroy Saint-Hilaire nous semble échapper à toutes les difficultés. Suivant cet éminent naturaliste, notre guide principal dans cette étude, « la main est une extrémité pourvue de doigts allongés, profondément divisés, très mobiles, très flexibles et par suite susceptibles de saisir. »

Cette définition justifie et consacre la classification de Cuvier. Ainsi comprise, la main n'existe réellement qu'aux extrémités des membres supérieurs chez l'homme, tandis qu'elle se trouve aux quatre membres des singes. Le premier est donc vraiment un *bimane* et le second un *quadrumane*. Le pied le plus accompli comme organe de préhension ne saurait, en effet, sous le rapport de la longueur et de la division des doigts, être confondu avec la main la plus imparfaite, cette main fût-elle, comme chez beaucoup de singes, dépourvue de pouce opposable aux autres doigts.

Il est donc toujours vrai de dire que l'homme n'a que deux mains et que le singe en a quatre (1). Ce titre seul suffirait pour en faire deux genres distincts dans la série des êtres.

3. *Forme du système dentaire.* — Les dents sont en nombre égal chez les hommes et chez tous les singes de l'ancien continent, par conséquent chez les anthropoïdes. Il y a chez les uns et chez les autres quatre incisives, deux canines et dix molaires à chaque mâchoire. Le système dentaire du

(1) On a dit que ce caractère plaçait l'homme, à ce point de vue, au-dessous du singe, vu qu'il était plus *parfait* d'avoir quatre mains que de n'en avoir que deux. Cette remarque n'est pas très serieuse. Ce qui constitue la perfection plus ou moins grande des animaux, c'est la *variété* des organes. Au bas de l'échelle toutes les fonctions semblent se confondre; mais à mesure que l'on remonte la série, les organes apparaissent, se diversifient et s'accentuent : de là un accroissement correspondant dans les facultés psychologiques. Toutefois, il faut arriver jusqu'à l'homme pour trouver à la fois des membres organisés, les uns pour la marche, les autres pour saisir. Les animaux n'ont que les uns ou les autres, des pieds ou des mains.

singe est cependant profondément distinct du nôtre. Nos dents sont continues et d'égale longueur. Chez le singe, au contraire, les canines, beaucoup plus longues que les autres et constituant de véritables défenses, sont séparées des dents voisines par un intervalle appelé *barre,* intervalle qui permet aux canines inférieures et supérieures de s'entrecroiser lorsque les mâchoires sont rapprochées. Rien de semblable n'existe chez l'homme ; aussi cette particularité, cette disposition du système dentaire, nous semble-t-elle constituer une différence essentielle entre notre espèce et les espèces voisines. Nous n'insisterons pas davantage sur ce caractère qu'il nous suffit d'avoir signalé (1).

4. *Nudité partielle de la peau.* — Ce caractère et le précédent font de l'homme un être physiquement inférieur au singe. Cet animal n'est pas seulement pourvu de canines qui rendent sa morsure très redoutable, il est encore mis à l'abri des intempéries de l'air par les poils qui le recouvrent. L'homme, au contraire, est livré sans défense aux agressions de ses ennemis et aux rigueurs des saisons. Il n'a pour se soustraire au froid de l'hiver et aux brûlantes ardeurs de l'été, que les ressources de son intelligence. Mais cette infériorité physique n'en fait que mieux ressortir sa supériorité intellectuelle sans laquelle, en présence de tant de causes de destruction, son espèce n'eût pu tarder à disparaître.

La nudité de l'homme n'est pas un caractère local et de climat : on la constate aussi bien chez les Esquimaux soumis à un hiver perpétuel que chez l'habitant des régions tropicales. On ne saurait non plus l'attribuer sérieusement à l'usage des vêtements : l'homme primitif, s'il eût été velu, comme on le prétend, n'eût pas senti le besoin de se couvrir ; et du reste, les nombreuses peuplades sauvages qui ne connaissent pas l'usage des habits sont-elles donc beaucoup plus que nous pourvues de tégument pileux ?

Une particularité très digne de remarque c'est que la ré-

(1) Voir l'*Anthropologie* du Dr Topinard, p. 60.

gion dorsale est, chez l'homme, la plus complétement et la plus universellement dégarnie de poils, tandis que chez tous les animaux, sans en excepter le chimpanzé, elle est toujours la plus velue. Cette circonstance nous semble de nature à embarrasser les partisans de l'origine simienne de l'homme. Ils prétendront peut-être qu'elle n'est qu'un effet de notre attitude verticale, la partie la plus élevée du corps, c'est-à-dire, la tête, chez l'homme, et le dos, chez les animaux, ayant surtout besoin d'être protégée contre les intempéries des saisons. Mais alors, du moins, ils admettent avec nous que la station propre au singe est complétement différente de la nôtre ; et puis, comment admettre que l'attitude verticale ait pu causer la disparition des poils sur la région dorsale du corps, alors qu'elle les a conservés en partie sur la région antérieure, surtout si l'on considère que cette dernière est beaucoup moins velue que l'autre chez ces mêmes animaux dont une théorie fort en vogue a prétendu faire nos ancêtres ?

La doctrine de la transformation des espèces appliquée à l'homme se heurte, on le voit, à d'immenses difficultés. Pour être logiques, dirons-nous avec M. l'abbé Lecomte, les transformistes devraient plutôt faire descendre le singe de l'homme que l'homme du singe. « Puisque rien, en effet, ne saurait rendre compte de la perte du poil chez l'homme, si nous descendons de progéniteurs velus, et qu'au contraire on s'expliquerait bien, dans le système, l'acquisition graduelle de ce tégument *utile* chez les formes dérivées d'une souche à peau nue, le darwinisme, à ce point de vue, devrait renverser son enseignement et nous dire que le singe est issu de l'homme (1). »

Terminons par une dernière considération relative au système pileux dans notre espèce. L'homme, avons-nous dit, n'est pas complétement dépourvu de poils ; sa nudité n'est que partielle et c'est à ce titre seulement qu'elle le différen-

(1) *Le darwinisme et l'origine de l'homme*, p. 301.

cie des autres êtres. Beaucoup d'animaux, entre autres les Batraciens, sont en effet absolument nus ; d'autres même le sont partiellement ; mais alors on remarque que les parties velues correspondent à des régions tout à fait nues chez l'homme. Aucun animal n'est velu comme lui ; ce n'est donc pas sans raison que l'on a considéré l'état tégumentaire de l'homme comme un caractère propre à son espèce.

5. *Structure de l'encéphale.* — L'étude comparée de l'encéphale ou des hémisphères cérébraux chez l'homme et chez le singe ne nous offre plus en faveur du premier de faits anatomiques complétement nouveaux ; on n'y rencontre que des différences de degré, mais assez marquées cependant pour constituer des caractères génériques. L'homme l'emporte donc autant à ce seul point de vue sur les singes anthropomorphes que ceux-ci l'emportent sur les autres singes.

Le volume du cerveau humain est, relativement à la masse du corps, beaucoup plus considérable que celui des autres animaux, des mammifères du moins ; il est environ trois fois celui des anthropoïdes (1). Sans nier absolument ce fait, Huxley prétend qu'une différence cérébrale au moins aussi considérable existe entre certaines races d'hommes. Un célèbre transformiste allemand, M. Schaafhausen, s'est chargé de répondre pour nous à cette difficulté. « L'assertion de Huxley, dit-il, que les hommes, même pour le volume du cerveau, diffèrent entre eux plus que des singes, est erronée. En effet, elle repose sur l'emploi arbitraire de mesures de crânes très rares et même douteuses, tandis qu'ici la décision ne dépend que des valeurs ordinaires ou moyennes. Le cerveau de l'Australien dépasse en volume deux ou trois fois celui du gorille, tandis que le cerveau d'un Européen bien développé ne surpasse que d'un cinquième celui du premier. »

Un autre caractère du cerveau humain consiste dans les circonvolutions qui y sont très profondes et très nombreuses.

(1) Topinard, l'*Anthropologie*, p. 49.

Chez les anthropoïdes, elles sont déjà beaucoup moins sensibles et elles finissent par disparaître chez les singes inférieurs. Il faut remarquer en outre que ces circonvolutions se développent chez l'homme et chez le singe dans un ordre inverse. Chez le premier, elles apparaissent d'abord sur la région antérieure du cerveau, tandis que le contraire a lieu chez les anthropoïdes (1).

Le volume du cerveau, le nombre, la profondeur et le mode de développement des circonvolutions de cet organe, telles sont donc les seules différences qui maintiennent la supériorité de l'homme en ce qui concerne la structure de l'encéphale, différences non plus absolues, mais relatives, qui révèlent en nous le premier degré d'une organisation spécialement et exclusivement humaine. On ne saurait dès lors s'étonner que des physiologistes, qui considèrent le cerveau comme l'organe *sécréteur* de la pensée et qui font dépendre la nature des phénomènes intellectuels de la perfection de cet organe, n'aient admis qu'une différence de degré entre l'intelligence de l'homme et celle du singe. Mais alors, pour être conséquents, ils devraient admettre la supériorité intellectuelle par rapport à l'homme d'une multitude d'oiseaux chez lesquels la masse relative du cerveau est plus grande que chez l'homme. Ils se trompent évidemment sur la fonction de cet organe. Il n'est point la cause productrice de la pensée, il n'est que la condition du libre exercice des facultés intellectuelles. Ce n'est point dans la structure plus ou moins parfaite de l'encéphale qu'il faut chercher à connaître l'intelligence ; c'est en elle-même, dans sa nature et dans ses effets, qu'il faut l'étudier. Mais ce serait anticiper que de nous arrêter ici sur ce sujet ; continuons l'étude des caractères physiques propres à l'homme.

6. *Conformation de la tête.* — Les différences que présente la conformation de la tête, étudiée chez l'homme et chez le singe, se rapportent au développement plus ou moins grand

(1) Gratiolet, *Revue des cours scientifiques*, t. I, p. 191.

de l'angle facial, à la hauteur et à la largeur du front, à la saillie du menton.

L'angle facial, celui de Camper du moins (1), est formé par la rencontre de deux lignes qui se dirigent, l'une du point le plus saillant du front vers la face antérieure des incisives, l'autre du conduit de l'oreille vers le bord inférieur des narines. Sans y voir l'expression exacte du volume du cerveau, comme on l'a fait trop souvent, on peut néanmoins le considérer comme la mesure approximative du développement du crâne.

L'angle facial de l'homme s'étend de 70 à 85 degrés. La variation est donc de 15 degrés ; mais on peut dire que le terme moyen est 80° pour la race caucasique ou blanche et 70°, au moins, pour la race éthiopienne ou nègre. C'est à cela que la première doit d'être appelée, en anthropologie, *orthognathique,* c'est-à-dire à mâchoire droite, et la seconde, *prognathique* ou à mâchoire proéminente (2).

La transition de l'homme au singe, sous le rapport du plus ou moins d'ouverture de l'angle facial, est assez peu sensible. Chez quelques-uns de ces animaux, le saïmiri par

(1) Cet angle a été modifié par Cuvier et Étienne Geoffroy Saint-Hilaire. Pour ces deux naturalistes, les lignes faciales, partant des mêmes points que précédemment, venaient se couper au bord tranchant des incisives ; il en résultait un angle plus aigu (69° environ chez l'homme blanc). D'autres anthropologistes, considérant que les incisives peuvent manquer parfois, ont placé ce point de rencontre à la racine des dents de la mâchoire supérieure. Ce nouvel angle occupe à peu près le milieu entre les deux précédents ; il donne 72° pour l'homme blanc. Nous avons cru devoir nous en tenir au premier, qui est toujours le plus connu.

(2) On nous rendra ce témoignage que nous n'avons pas abusé du néologisme dans ce travail. Quelques expressions techniques, exprimant une idée nouvelle, se sont pourtant imposées à nous, et les mots *orthognathisme* et *prognathisme* sont du nombre. Pour le reste, la langue française nous a paru suffire. Nous pensons avec l'un de nos maîtres et de nos guides dans ces études, « qu'il est prudent de se défier des doctrines a l'expression desquelles, sauf l'emploi indispensable des termes techniques, cette langue ne suffit pas. » (Th. H. Martin, *Les sciences et la philosophie* ; Introduction).

exemple, cet angle atteint 65°. Chez le gibbon, il est de 60° environ ; mais il est beaucoup moindre chez le chimpanzé, le gorille et l'orang-outan, c'est-à-dire précisément chez ceux qui, à tout autre point de vue, présentent avec nous le plus d'analogie. Il est tout au plus de 40° chez les deux premiers et il tombe à 35° environ chez l'orang-outan ; « tellement que ce dernier singe, dit Isidore Geoffroy, cet *homme des bois* dont on a fait si longtemps, pour son prétendu angle facial de 63 ou 64 degrés, le premier des quadrumanes, et qui l'est réellement par ses caractères cérébraux, occupe ici une des dernières places (1). »

L'angle facial présente donc une différence bien marquée chez l'homme et chez l'anthropoïde. Cette différence ne constitue pas, sans doute, en faveur du premier, un caractère d'une importance égale au caractère basé sur son attitude verticale, par exemple, mais du moins elle nous sépare nettement de ces mêmes animaux qui, sous d'autres rapports, se rapprochent le plus de notre espèce.

D'autres caractères ont été donnés comme constituant des traits distinctifs du groupe humain. On a signalé spécialement le développement du front, la saillie du menton, l'absence de l'os intermaxillaire. Mais pour que ces caractères eussent une valeur réelle, il faudrait qu'ils appartinssent à tous les hommes et n'appartinssent qu'à eux. Or ces deux conditions ne nous semblent exister pour aucun d'eux.

L'on sait assez que le front est excessivement déprimé chez certaines races nègres et que, sous ce rapport, le passage de l'homme à la brute est à peu près insensible. De plus, le chimpanzé et les orangs présentent à la partie antérieure du crâne une saillie qui constitue un véritable front, étroit, il est

(1) *Hist. nat. gén.*, p. 230. Cette erreur, relative à l'angle facial de l'orang, provenait sans doute de ce que les premières mesures avaient été prises sur de jeunes animaux ; à cet âge, en effet, le front est plus saillant et la mâchoire moins proéminente ; mais si l'on rapproche le jeune orang de l'homme enfant et non de l'homme adulte, la distance reste la même.—Voir Topinard, *L'Anthropologie*, p. 46.

vrai, et peu élevé, mais qui n'en mérite pas moins son nom. « D'où l'on voit, dit Isid. Geoffroy, que ce qui distingue l'homme et, par excellence, les races les plus favorisées au point de vue du développement du cerveau, c'est, non l'existence, mais la hauteur et surtout la largeur beaucoup plus considérable du front. »

Le menton existe également chez un grand nombre de singes, quoiqu'il y soit peu saillant; mais il n'est guère plus développé, il faut bien le reconnaître, chez certaines races humaines à prognathisme très marqué. On ne saurait donc le ranger parmi les caractères vraiment distinctifs de l'homme ; il constitue tout au plus en sa faveur une différence de degré.

Il en faut dire autant de l'os intermaxillaire. Longtemps l'on n'avait pu le découvrir chez l'homme et, par suite, l'on avait fait de son absence l'un des traits les plus caractéristiques du groupe humain. Mais Goethe, le premier, en constata la présence et démontra que cet os, libre originairement, se soudait de bonne heure avec le maxillaire. Cette soudure ne différencie même pas l'homme des autres êtres; elle existe, en effet, chez le chimpanzé, quoiqu'elle y soit plus tardive. Ici donc encore nous ne pouvons constater qu'une différence relative à peine sensible, différence qui nous rapproche plutôt du singe qu'elle ne nous en éloigne.

Reste un caractère anatomique qu'il nous faut pour le moins signaler; car, à lui seul il constitue en notre faveur une différence spécifique parfaitement nette : il s'agit du nombre et du mode de répartition des vertèbres. Chez l'homme, elles sont au nombre de 24, dont 7 cervicales, 5 lombaires et 12 dorsales, correspondant à 12 paires de côtes. Or chez aucun singe anthropomorphe elles ne sont en un nombre égal ou semblablement réparties. L'on en compte 25, paraît-il, chez la plupart des gibbons, et 23 seulement chez le gorille et l'orang-outan. Elles sont, il est vrai, au nombre de 24 chez le chimpanzé, mais 13 sont dorsales. Il

y a donc chez cet animal, comme chez le gorille, du reste, une paire de côtes de plus que chez l'homme (1).

Voyons maintenant quel rang nous pouvons assigner à l'homme, dans l'échelle des êtres, en raison des différences anatomiques que nous venons d'étudier en lui.

Et d'abord il est prouvé qu'il existe chez l'homme, au point de vue purement physique, des caractères précis qui empêchent de le confondre avec tout autre être. Nous ne saurions même admettre avec Linné que ces caractères soient simplement spécifiques ou génériques, si l'homme n'était différencié du singe que par la structure de l'encéphale et par la conformation générale de la tête, il pourrait en être ainsi; mais son attitude verticale, ses deux mains, son système dentaire et la nudité de sa peau sont autant de traits qui l'éloignent considérablement du singe le plus parfait. Doit-il donc, à ce seul point de vue, constituer un règne à part dans la nature? — Pour résoudre cette question il importe de savoir ce que l'on entend par *règne* en histoire naturelle.

Un règne est une série d'êtres caractérisés par un ensemble de phénomènes spéciaux dus à une force unique, mystérieuse et inconnue, on peut le dire, dans sa nature intime. C'est ainsi que les phénomènes du monde inorganique, la lumière, la chaleur, l'électricité, etc., s'expliquent par une seule force inconnue appelée *physico-chimique* ; que les phénomènes de la végétation, si variés qu'ils soient, ont pour cause un autre principe unique et mystérieux qu'on

(1) Faut-il le dire? Certains transformistes de la nouvelle école ont vu dans cette particularité la confirmation de leur système favori. Acceptant à la lettre le récit génésiaque concernant la création de la femme, ils ont expliqué par ce passage la disparition d'une paire de côtes chez l'homme. Cette idée ne pouvait évidemment être du goût du plus grand nombre des darwinistes; elle suppose le miracle et leur système a précisément pour but de supprimer toute intervention surnaturelle. Pas plus qu'eux nous ne prendrons au sérieux cette idée fantaisiste, ce mélange arbitraire de naturalisme et de foi.

appelle la *vie*; et qu'enfin d'autres phénomènes, ceux de la sensibilité et du mouvement spontané, qui caractérisent essentiellement les animaux, supposent un nouveau principe, unique également et distinct des précédents, l'*âme*. A mesure que l'on remonte l'échelle des êtres, jusqu'à l'homme exclusivement, l'on rencontre donc un triple ensemble de phénomènes parfaitement distincts les uns des autres et dépendants de trois principes différents qui sont la force physico-chimique dans la matière inorganique, la vie dans la plante et l'âme dans l'animal. De là trois règnes bien tranchés et jusqu'ici universellement reconnus : le règne minéral, le règne végétal et le règne animal. Remarquons encore que le principe caractéristique d'un règne ne disparaît pas dans les règnes supérieurs ; ainsi la force physico-chimique coexiste avec la vie dans le règne végétal et avec la vie de l'âme, dans le règne animal. Ce dernier nous offre dès lors trois ordres de fonctions bien distinctes, selon qu'elles se rattachent à l'un ou à l'autre de ces trois principes.

Pour constituer un règne il faut donc un ensemble de phénomènes nouveaux, inconnus dans les règnes inférieurs. L'homme, considéré au point de vue physiologique, nous offre-t-il des phénomènes de cette nature? Non assurément, répondrons-nous avec toutes les naturalistes. Personne en effet, parmi ceux qui font de l'homme un règne spécial, n'a cherché à s'appuyer sur les différences physiologiques ou anatomiques que l'on constate en lui. Loin de pouvoir constituer un règne, ces différences sont à peine assez marquées pour caractériser un *ordre*, à plus forte raison une *classe* ou un *embranchement* dans la série animale. Cuvier, il est vrai, en a fait un ordre et certes, en cela, il s'appuyait uniquement sur des considérations physiologiques ; mais, à son époque encore, l'on s'exagérait la supériorité de l'homme au point de vue physique. Nous venons de voir à quoi se réduisent sous ce rapport les traits véritablement distinctifs du genre humain; ils sont assez tranchés pour nous séparer nettement des autres êtres, mais ils ne sauraient, semble-t-il,

caractériser un ordre. Il serait assez difficile, il est vrai, de dire ce que l'on entend au juste par *ordre*, en taxonomie : la définition de ce mot nous semble quelque peu arbitraire; l'on comprendra néanmoins qu'il y a entre l'homme et les singes supérieurs, sous le rapport physique, moins de différence qu'entre deux ordres consécutifs et bien reconnus de la série animale, qu'entre les quadrumanes et les cheiroptères, les carnassiers et les insectivores, par exemple. Aussi, quoique maintenue dans la plupart des ouvrages élémentaires, la classification de Cuvier a-t-elle été fort attaquée à ce point de vue, et son ordre des bimanes tend-il à devenir une simple famille, la *famille humaine*. Ce terme en effet indique mieux l'importance des caractères physiques propres à l'homme et le rang qu'il devrait occuper à ce titre dans l'échelle zoologique.

L'homme, considéré au point de vue exclusif de son organisation, est donc un animal, mais un animal parfaitement distinct de tous les autres, même de ces anthropoïdes dont une théorie fort à la mode prétend le faire dériver. « L'homme et les singes, a dit un physiologiste allemand, Wagner, sont des créatures absolument distinctes, alors même qu'on fait abstraction de toutes les données de la psychologie; » et le même auteur ajoute en réponse au système de la transformation des espèces : « Tout en anatomie, comme en zoologie, répugne à l'idée de ces métamorphoses et de ces transitions indéfinies que Darwin a supposées. »

Cet ensemble de phénomènes nouveaux, que ne nous offre pas l'étude de la vie organique chez l'homme comparé à l'animal, le trouverons-nous dans l'ordre intellectuel et moral? En d'autres termes, l'homme considéré au point de vue psychologique, peut-il constituer un règne à part, le règne humain? Et si ce règne existe, est-il du devoir du naturaliste d'en tenir compte au même titre que des autres règnes de la nature?

Nous n'hésitons pas à répondre affirmativement à ces diverses questions. Oui, l'étude de l'homme présente à l'ob-

servation des facultés intellectuelles et morales complétement inconnues dans les êtres inférieurs; oui, le règne humain appartient à l'histoire naturelle et, par suite, s'impose au naturaliste. L'homme en effet fait partie intégrante de la nature créée, et il en fait partie aussi bien par ses facultés intellectuelles que par ses fonctions organiques, aussi bien par ses caractères moraux que par les phénomènes physiologiques qui se passent en lui. Tout naturaliste qui veut être complet doit l'étudier en entier et tel qu'il est, avec ce qu'on pourrait appeler sa double nature. L'on conçoit, il est vrai, que, se posant exclusivement en anatomiste ou en physiologiste, il fasse abstraction de ses qualités intellectuelles et morales; mais dans une classification, alors qu'il s'agit de déterminer la place qu'il occupe dans la nature, c'est l'ensemble de ses caractères qu'il faut considérer (1). Et qu'on ne dise pas que ce serait s'aventurer dans le domaine de la philosophie. Quelle nécessité y a-t-il en effet d'exclure toute philosophie des sciences naturelles? On ne saurait faire un pas dans l'étude de la nature sans se heurter aux plus sublimes comme aux plus importantes questions que l'esprit humain puisse se poser. Loin de s'exclure, l'histoire naturelle et la philosophie sont deux sciences intimement unies dont la psychologie est une branche commune. Elles se complètent l'une l'autre, et la première n'est pas plus indigne du philosophe que la seconde ne l'est du naturaliste. Vouloir les isoler ce serait vouloir empêcher tout progrès dans l'une comme dans l'autre. Ainsi l'ont compris tous les naturalistes qui ont admis le règne humain, depuis Aristote jusqu'à M. de Quatrefages.

Qu'on ne dise pas non plus, avec Cuvier, que les caractères propres à chaque règne doivent être tirés de la con-

(1) « Pourquoi vouloir retrancher de l'histoire naturelle de l'homme l'histoire de la partie la plus noble de son être? Pourquoi l'avilir mal à propos et vouloir nous forcer à ne le voir que comme un animal, tandis qu'il est en effet d'une nature très différente? » Buffon, *Hist. nat. de l'homme.*

formation, qu'ils doivent être accusés par des faits et tomber sous les sens. S'il en était ainsi, le règne animal n'existerait pas ; nous l'avons vu précédemment, en effet, les animaux ne se distinguent des végétaux que par la sensibilité et la motilité, c'est-à-dire par des facultés générales, qui, en elles-mêmes, échappent au sens, et non par des caractères anatomiques. Aucune différence organique ne caractérise ce règne ; car le système nerveux, le plus constant cependant des organes, n'a pas encore été reconnu chez les protozoaires. Ce serait donc manquer de logique, ce serait n'être pas conséquent avec soi-même que de refuser d'accepter les phénomènes intellectuels comme base d'un nouveau règne, si, parmi ces phénomènes, il s'en trouve qui caractérisent essentiellement l'homme et n'existent à aucun degré chez les êtres inférieurs.

Cette méthode antiphilosophique qui consiste à ne voir dans l'homme, en histoire naturelle, que le côté matériel, c'est-à-dire le seul côté par lequel il se rapproche de la brute, et à lui refuser dans le classement des êtres la place qu'il occupe dans la nature, cette méthode a inspiré à Isidore Geoffroy Saint-Hilaire de nobles paroles qui trouvent ici naturellement leur place :

« L'histoire naturelle, dit-il, ne peut ici se séparer de la philosophie et, quand l'homme est *un* dans sa double nature ne voir de lui que ses organes. Science étroite et terre à terre, si elle n'allait pas au-delà ; science morte et telle qu'on pourrait l'étudier toute entière dans un amphithéâtre et un musée ; *positive*, il est vrai, mais dans le mauvais sens de ce mot et, en vertu même de son *positivisme*, sans logique aussi bien que sans dignité.

« Comment ce qui est vrai en philosophie ne le serait-il pas en histoire naturelle ? Comment les mêmes rapports pourraient-ils ne pas avoir partout la même mesure ? Et que dire de cette méthode au perfectionnement de laquelle les naturalistes ont consacré tout un siècle de travaux, si son dernier mot, dans son application à nous-mêmes, était la

nécessité d'enregistrer, de compter, de peser jusqu'au moindre des caractères qui nous rapprochent des animaux, mais de passer, comme s'ils n'existaient pas, sur tous ceux qui nous en en séparent? La méthode *naturelle*, cet *ultimus finis*, cet *idéal* de la science, n'est rien moins, selon l'école positive, que l'*expression de la nature entière* et des *ressemblances et différences* de chaque être avec les autres; et elle aboutirait à cette conséquence : l'homme est un animal de l'ordre des primates! sa place dans le *système de la nature* est près des troglodytes, des gorilles, des orangs, de tous les singes! plus près même des derniers de ceux-ci qu'ils ne le sont des autres animaux du même ordre! plus près, car nous l'avons démontré : si l'on fait abstraction de l'intelligence humaine pour ne voir que les *organes qui la servent*; si l'on ne tient compte que des caractères *visibles* et *tangibles* de l'homme, c'est jusque là qu'il faut descendre, jusqu'à la *famille humaine*, seule expression scientifiquement admissible des rapports organiques de l'homme avec les animaux, comme le *règne humain* l'est de l'ensemble de ses ressemblances et de ses différences caractéristiques (1). »

La *psychologie*, c'est-à-dire l'étude de l'âme et de ses facultés, fait donc, pour ainsi dire, partie intégrante de l'histoire naturelle. Toute classification des êtres est, en ce sens, du ressort de la philosophie; elle peut donc, sans sortir de son domaine, elle doit même, sous peine d'être défectueuse et incomplète, reposer sur des notions philosophiques. Nous comprenons néanmoins la répugnance qu'éprouvent la plupart des naturalistes à se lancer dans une étude de ce genre. Plus habitués à décrire les productions de la nature qu'à en sonder les mystères, à constater des faits qu'à en rechercher l'origine, ils n'osent aborder les difficiles problèmes de la psychologie. Nous ne saurions leur en faire un reproche. Il est facile, en effet, de faire fausse route lorsque l'on n'a pour s'éclairer que le flambeau de la science positive, et

(1) *Hist. nat. gén. des règnes organiques*, t. II, p. 256.

nous pourrions citer bon nombre de savants qui, pour avoir voulu dépasser les limites de la nature matérielle, se sont perdus en chemin. Mieux vaudrait encore, dans ce cas, ne considérer dans l'homme que la partie physiologique et abandonner à d'autres, plus compétents que soi, le côté intellectuel et moral, sans en nier toutefois l'importance au point de vue de la classification. C'est ce qu'a fait l'éminent naturaliste que nous venons de citer. Nous avons vu avec quelle chaleur de langage et quel noble accent de conviction il se prononçait en faveur du *règne humain* basé sur des caractères psychologiques. Nous ne craignons pas de le dire, peu de naturalistes ont eu un esprit aussi vraiment philosophique que le sien; et pourtant, comme s'il craignait de s'égarer dans cette voie, il se contente d'affirmer l'existence de ce caractère distinctif du *règne humain,* sans chercher à le préciser ni à en déterminer la véritable nature. Nous voudrions aller plus loin. Du reste, pour le faire, nous n'aurons guère qu'à analyser et à essayer de concilier entre eux les travaux des psychologistes les plus en vogue et ceux des naturalistes qui n'ont pas dédaigné de s'occuper de la question.

II. Caractères de l'ordre psychologique.

Et d'abord, afin de s'entendre sur les mots et d'avoir un terme de comparaison, nous croyons à propos de décrire brièvement les facultés psychologiques de l'homme; il ne nous restera plus qu'à voir ensuite si ces mêmes facultés se retrouvent chez les animaux. Que le lecteur veuille bien nous pardonner l'aridité de ces notions indispensables.

Les *facultés* sont des puissances, des principes d'action; c'est donc par leurs effets, par les phénomènes dont elles sont les principes, plutôt que par elles-mêmes, que l'on peut arriver à les déterminer. Autant nous constaterons d'ordres de phénomènes psychologiques, autant nous devrons admettre de facultés générales.

Mais comment arriver à déterminer des phénomènes internes ? Nous avons pour constater les phénomènes externes les organes des sens, dont la destination est en effet de nous mettre en rapport avec les objets qui nous environnent ; mais ces organes deviennent inutiles lorsqu'il s'agit d'arriver à la connaissance des faits qui se passent en nous. Nous avons heureusement pour suppléer à leur insuffisance un autre sens appelé à juste titre le *sens intime* ou la *conscience*. Ce que sont les organes corporels pour les phénomènes externes, la conscience l'est pour les phénomènes internes. Jouffroy l'a définie « le sentiment que le principe intelligent a de lui-même. » Par la conscience, en effet, l'âme se connaît elle-même ; elle connaît les phénomènes dont elle est le siége, la sensation et la pensée, par exemple. Mais la conscience ne nous révèle pas les faits purement physiologiques, quoique internes, tels que la digestion, la circulation du sang, parce que c'est l'organe qui digère, le sang qui circule et non pas l'âme.

Les faits dont nous avons conscience ne sont pas moins certains que ceux dont nous devons la connaissance à nos organes corporels. La souffrance est pour celui qui souffre quelque chose d'aussi incontestable que l'existence des objets qu'il voit de ses propres yeux. Il n'y a de différence que dans la manière dont s'acquiert cette connaissance, laquelle est due, dans un cas, au sens intime et, dans l'autre, aux sens externes.

Il peut arriver cependant que la conscience ait besoin de s'aider d'une autre faculté psychologique que l'on appelle la *réflexion*. Il y a entre *avoir conscience* et *réfléchir* la même différence qu'entre voir et regarder, entendre et écouter, sentir et flairer, goûter et savourer. On peut voir sans regarder, comme on peut avoir conscience de quelque chose sans réfléchir. La vue et la conscience sont indépendantes de la volonté et purement passives ; le regard et la réflexion sont, au contraire, des actes nécessairement volontaires, qui indiquent une sorte d'effort, une attention portée, dans un cas,

sur un objet matériel, dans l'autre, sur un phénomène interne. On a défini la *réflexion*, la faculté qu'a l'âme de se replier sur elle-même pour observer ses propres opérations. Réfléchir est un acte et, à ce titre, la réflexion diffère essentiellement de la conscience qui, toute passive, mériterait plutôt le nom de *capacité* que celui de *faculté*. Tous les hommes ont conscience d'un sentiment, d'une pensée, d'une volonté ; mais ceux-là seuls qui réfléchissent, c'est-à-dire qui dirigent leur attention sur les phénomènes dont leur âme est le siége, peuvent bien rendre compte de ce qui se passe en eux.

La réflexion appuyée sur la conscience est l'instrument des études psychologiques : elle seule nous permet d'arriver à la connaissance des autres facultés de l'âme; c'est pour cela que nous avons dû la décrire en premier lieu, quel que soit d'ailleurs le groupe de facultés auquel elle appartienne.

Les phénomènes de l'ordre psychologique sont en effet, de trois sortes; ils se rapportent tous à la sensation, à la connaissance et à la détermination. A ces trois groupes de phénomènes correspondent trois facultés générales qui sont la *sensibilité*, l'*intelligence* et l'*activité*.

I. Facultés de l'ordre sensitif. — La *sensibilité* est la faculté de sentir, c'est-à-dire d'éprouver en *soi* quelque chose d'agréable ou de désagréable. Tout en elle est de sa nature fatal et involontaire, variable et passager. Par leur fatalité, les phénomènes qui en dépendent diffèrent essentiellement de ceux qui se rapportent à l'activité; par leur variabilité ils diffèrent des phénomènes de l'ordre intellectuel. Toute vérité, toute idée nécessaire est en effet permanente de sa nature; tandis que toute émotion, toute sensation est en soi passagère et fugitive.

On distingue les phénomènes de la sensibilité physique et les phénomènes de la sensibilité morale. Les premiers, appelés proprement *sensations*, supposent une *impression*, c'est-à-dire un effet produit sur nos organes par l'application des corps ou par leur action à distance. Les seconds, connus

plus spécialement sous le nom de *sentiments*, ne sont précédés d'aucune impression : ils sont produits à l'occasion d'un phénomène intellectuel, d'une idée, d'un jugement, par exemple.

La sensation et l'impression sont deux phénomènes tout à fait distincts. Dans la vue, l'image de l'objet vient se fixer sur la rétine, et c'est là l'impression ; cette image, transmise au cerveau par le nerf optique, est perçue par l'âme, et en cela consiste la sensation. Le siége de l'impression est l'organe corporel; le siége de la sensation est le *moi*, l'âme, principe essentiellement simple, puisque la conscience nous dit qu'il est toujours le même, quel que soit d'ailleurs l'organe affecté. Ces deux phénomènes ne vont guère l'un sans l'autre. Dans bien des cas, cependant, dans le sommeil, par exemple, ou encore lorsque, par l'effet de la volonté, l'esprit est très préoccupé et comme concentré sur telle ou telle excitation, les organes des sens sont affectés sans que l'âme en ait conscience ; l'impression, dans ce cas, n'est donc pas suivie de la sensation. Pour n'en citer qu'un exemple, chacun sait qu'au milieu de conversations qui se croisent, l'on peut, à force d'attention, suivre le discours d'un interlocuteur placé à distance, sans saisir les paroles prononcées par des personnes plus rapprochées de soi.

Réciproquement, il peut arriver que l'âme soit affectée sans qu'aucun organe extérieur l'ait été préalablement : il y a alors sensation, mais non impression; c'est ce qui a lieu fréquemment pendant le sommeil et constitue le *rêve*. Le même phénomène s'observe aussi quelquefois à l'état de veille : c'est alors l'*hallucination*. L'hallucination est d'origine physiologique ou psychologique, selon qu'elle procède du corps ou de l'âme. Elle procède du corps quand elle est due, par exemple, à l'ingestion de substances qui produisent sur les nerfs l'impression qu'y produirait un objet extérieur absent. D'autres hallucinations ont l'âme pour principe ; elles résultent de ce que l'imagination est vivement occupée d'une idée. Il arrive alors, par suite de l'influence du moral sur le

physique, que cette idée produit sur le cerveau l'impression qu'y produirait l'objet extérieur : c'est le retour des idées à leur point de départ.

Aux phénomènes de la sensibilité morale se rapportent les émotions et les passions dont les principales sont : le plaisir et la peine, la joie et la tristesse, le désir et l'aversion, l'amour et la haine, l'admiration et l'indignation, l'espérance et la crainte. Il nous suffit, pour le but que nous nous proposons, d'avoir mentionné ces divers sentiments ou états par lesquels l'âme peut passer ; les décrire serait sortir du cadre restreint que nous nous sommes tracé.

Les phénomènes psychologiques dépendant de la sensibilité, phénomènes appelés par Bossuet *opérations sensitives*, sont très distincts des actes de l'ordre intellectuel et de l'ordre moral; ils semblent même se produire avant ces derniers. Ils ne sauraient cependant en être complétement séparés ; car pour sentir il faut *savoir* que l'on sent et pour savoir il faut souvent *vouloir*. Les actes des trois ordres, sensitif, intellectuel et moral, sont donc, en réalité, assez intimement unis.

II. Facultés de l'ordre intellectuel. — L'ensemble des facultés intellectuelles constitue l'intelligence ou l'entendement. Pour arriver à distinguer ces facultés, il nous faut d'abord distinguer leurs effets; et, de même que les sensations et les sentiments sont les manifestations de la sensibilité, de même les *idées* sont les manifestations de l'intelligence. Simples phénomènes de l'ordre intellectuel, les idées, telles que nous les entendons ici, ne sont autre chose que les éléments et les matériaux de nos connaissances, les notions et vérités premières résultant immédiatement de l'application de l'esprit aux objets. Elles peuvent se rapporter à trois catégories bien distinctes, selon qu'elles ont pour objet : les corps et les lois auxquels ils sont soumis, l'âme elle-même et ses divers états, enfin les vérités nécessaires et éternelles. Elles sont donc, au point de vue de leur objet, *sensibles*, *psychologiques* et *métaphysiques*. A ces trois

groupes d'idées répondent trois facultés intellectuelles : la perception extérieure, la conscience et la raison.

La *perception* est la faculté que possède l'âme de prendre connaissance des objets extérieurs, à l'aide des sens. Les idées ou notions qui en résultent sont purement expérimentales et contingentes; c'est d'elles que l'on a pu dire avec raison : *nihil est in intellectu quod non prius fuerit in sensu.* Les sens et leurs organes en sont la condition nécessaire : les sens sont les modes de la perception; les organes en sont les instruments.

Comme la perception nous révèle l'existence des objets extérieurs, la *conscience* nous met en rapport avec les phénomènes psychologiques. Par elle l'âme se connaît elle-même, mais elle ne se connaît qu'autant qu'elle est le sujet des phénomènes intellectuels dus à l'une des autres sources de nos idées, à la perception ou à la raison. Elle est tellement dépendante de ces facultés qu'elle ne saurait exister *en acte* sans elles. L'idée du *moi* suppose l'idée du *non-moi*; la première n'existe en quelque sorte qu'en puissance, tant que la perception ou la raison n'ont pas mis l'âme en rapport avec le monde matériel ou immatériel.

La *réflexion*, nous l'avons déjà vu, n'est, pour ainsi dire, qu'une annexe de la conscience, ou plutôt c'est la conscience *agissant*. Elle est donc également une source d'idées ou de notions concernant l'âme elle-même.

La *raison*, troisième source de nos idées, est cette faculté à laquelle nous devons la connaissance des vérités nécessaires et universelles, des axiomes, des premiers principes, par exemple du bien, du vrai et du juste, connaissance que l'âme n'aurait pu puiser dans les seules données des sens pas plus que dans celles de la conscience. La notion de Dieu est-elle également l'effet immédiat de la raison? N'est-elle pas plutôt le résultat d'un raisonnement basé sur la conscience? N'est-ce pas le moi qui, cherchant la cause de son existence, ne la trouve qu'en un être éternel et infini, créateur de tout ce qui existe? Ce dernier sentiment nous

semble préférable; mais si l'idée de Dieu n'est pas véritablement innée, elle n'en est pas moins attribuable à la raison, seule faculté qui ait pu graver assez profondément dans l'âme l'*idée de cause* indispensable pour la découverte d'une vérité d'un ordre aussi élevé.

La perception, la conscience et la raison : telles sont donc les trois facultés qui nous livrent les éléments de nos connaissances. Les autres facultés de l'ordre intellectuel n'ont d'autre but que d'utiliser ces matériaux, de les conserver, de les combiner et, par là, d'arriver à de nouvelles idées plus complexes que les premières. On peut les répartir en deux groupes : les unes, appelées *facultés représentatives*, ont pour but de conserver et de reproduire au besoin les connaissances déjà acquises; ce sont la mémoire, l'association des idées et l'imagination passive. Les autres modifient les idées premières en combinant ce qui était séparé ou en séparant ce qui était uni : on les appelle *facultés modificatives*. Telles sont l'abstraction, la généralisation, l'imagination active, le jugement et le raisonnement, toutes facultés ayant leur point de départ dans la raison. Nous définirons successivement les unes et les autres.

I. *Facultés représentatives*. La *mémoire* est la faculté que possède l'âme de se rendre de nouveau présentes des notions antérieurement acquises, notions qui alors prennent le nom de *souvenirs*. Elle est active ou passive, spontanée ou intentionnelle, comme toute les autres facultés, selon qu'elle s'appuie ou non sur la volonté. La mémoire active n'est telle, en effet, que par son union avec la volonté. Elle suppose l'attention, car l'attention n'est en quelque sorte qu'une combinaison de la volonté avec une autre faculté.

L'*association des idées* est cette tendance en vertu de laquelle une idée présente à l'esprit appelle à sa suite toute une série d'autres idées qui ont avec la première certains rapports. Elle contribue puissamment au développement de la mémoire et de l'*imagination*.

Cette dernière faculté, prise dans son sens le plus géné-

ral, n'est autre chose que le pouvoir dont jouit l'âme de se représenter les choses sensibles. On distingue deux sortes d'imagination, l'une *passive*, l'autre *active*. La première, la seule qui appartienne aux facultés représentatives, a pour effet de reproduire l'impression des objets. Elle se rapproche donc beaucoup de la mémoire; elle en diffère cependant. Dans la mémoire, l'impression est considérée comme ancienne, et l'on sait que l'objet auquel elle est due est absent; l'imagination au contraire nous représente l'objet comme s'il était présent, et l'impression comme si elle se produisait actuellement.

2. *Facultés modificatives*. Les facultés modificatives, les plus nobles des facultés intellectuelles après la raison, avec laquelle elles ont du reste d'intimes rapports, sont, avons-nous dit, l'abstraction, la généralisation, l'imagination active, le jugement et le raisonnement.

L'*abstraction* est la faculté dont jouit l'âme de considérer isolément ce qui, dans la réalité, est uni, de séparer les qualités des substances dans lesquelles elles résident, par exemple, les couleurs des corps qui les revêtent. Cette faculté est la source des idées dites *abstraites* par opposition aux idées *concrètes*.

La *généralisation* n'est guère qu'un développement, une annexe de l'abstraction, ou plutôt c'est l'abstraction appliquée aux êtres doués de certaines qualités semblables. Elle suppose donc la *comparaison*, qui nous montre dans des êtres divers les mêmes qualités. C'est à l'aide de cette faculté que l'esprit forme les idées *générales* de genre, d'espèce, de variété, etc. Elle est, comme la précédente, la condition du langage.

L'*imagination active* est une autre faculté à l'aide de laquelle l'homme combine les idées élémentaires fournies par les sens, la conscience et la raison, pour en former de nouvelles plus complexes que les premières. Appuyée principalement sur la mémoire et sur l'association des idées, l'imagination peut être indépendante de la volonté, comme dans le rêve, ou bien volontaire et alors guidée par le *jugement*.

On entend par *jugement*, en psychologie, la faculté qu'a l'esprit de se prononcer sur les rapports qui existent entre deux notions connues. Cette opération prend elle-même le nom de *jugement* et son expression s'appelle *proposition*.

L'esprit pour juger a souvent besoin de s'aider du *raisonnement*, autre faculté par laquelle l'homme démontre une proposition non évidente par elle-même à l'aide de deux autres propositions reconnues vraies. Le raisonnement exprimé est le *syllogisme*.

III. Facultés se rattachant directement a l'activité. — L'activité, ou puissance d'agir, est le principe de toutes nos facultés. La volonté en est la forme la plus haute; mais tous nos actes ne sont pas volontaires; il en est d'automatiques, de semi-automatiques, de purement spontanés et de volontaires. Les premiers, dus simplement au jeu des organes, sont complétement soustraits à l'empire de la volonté : tels sont les mouvements du cœur et les contractions péristaltiques des intestins. Les actes semi-automatiques s'exécutent habituellement en dehors de l'influence de la volonté, mais cette faculté peut cependant les améliorer, les ralentir ou les interrompre : on en a un exemple dans le phénomène de la respiration.

Les mouvements automatiques ou semi-automatiques ne méritent pas à proprement parler le nom d'*actes*. Les mouvements spontanés ou volontaires supposent seuls une véritable activité; seuls ils sont l'indice de l'animalité. Mais il importe de ne pas les confondre.

On donne souvent la *volonté*, ou plutôt le mouvement volontaire, comme le caractère distinctif, l'attribut essentiel de l'animal; il serait plus philosophique de dire que la *spontanéité* ou, si l'on veut, que le mouvement spontané seul le différencie du végétal. En psychologie, en effet, le mot *volonté* suppose la connaissance de l'objet *voulu*, tandis que l'on appelle *spontané*, tout acte, volontaire ou non, dont le principe est dans l'agent et qui n'est pas dû, par conséquent, à une impulsion étrangère au *moi*. Tous les actes volon-

taires sont donc spontanés, mais la réciproque n'est pas vraie; car un acte est spontané sans être volontaire, si l'agent n'a pas connaissance de l'objet vers lequel il tend.

Ces actes qui sont purement spontanés sont dits aussi instinctifs. L'*instinct* est en effet une sorte de force aveugle, d'impulsion irrésistible qui porte à exécuter certains actes sans savoir pourquoi ni comment.

Par opposition aux actes instinctifs, on pourrait appeler *intelligents* les actes proprement volontaires. Ils sont précédés en effet d'une opération de l'intelligence, opération qui a pour résultat la connaissance de l'objet voulu et souvent le choix des moyens à employer pour y arriver. La volonté proprement dite est donc le critérium de l'intelligence. Tout acte véritablement volontaire est l'indice d'une faculté intellectuelle. Or, un acte n'est certainement volontaire qu'autant qu'il est le résultat de l'expérience ou de l'imitation (1). Le meilleur moyen de distinguer, dans les animaux par exemple, les faits instinctifs de ceux que l'on peut appeler intelligents, c'est donc de se demander s'ils sont ou non le fruit de l'expérience ou de l'imitation.

Toutes les manifestations de la vie animale peuvent ainsi, selon qu'elles sont simplement spontanées ou vraiment volontaires, se rapporter à un double principe, l'*instinct* et l'*intelligence*. La distinction entre ces deux ordres de phénomènes est, en général, assez facile. Il est des actes volontaires, cependant, que l'on pourrait aisément confondre avec les faits instinctifs : tels sont les actes dus à l'habitude. L'*habitude* n'est, en effet, comme l'a dit Reid, qu'un instinct acquis, de même que l'instinct n'est en quelque sorte qu'une habitude innée. Mais c'est en cela même que consiste la différence entre ces deux principes d'action : l'un est acquis et l'autre inné. Par conséquent, les actes, spontanés en eux-mêmes, qui naissent de l'habitude, ont pour cause première l'expérience ou l'imitation ; ils sont donc volontaires dans leur principe et, par suite, attribuables à l'intelligence.

(1) Milne Edwards. *Zoologie.* — On pourrait ajouter : de l'éducation.

De même que tout acte spontané n'est pas volontaire, de même tout acte volontaire n'est pas libre; autrement il n'y aurait aucun acte de ce genre chez l'animal. Chez l'homme même, pour n'en citer qu'un exemple, le désir du bonheur semble bien être un acte volontaire et pourtant c'est un acte nécessaire. Un acte volontaire n'est donc pas libre par cela seul qu'il est volontaire; l'intensité de la volonté est même souvent en raison inverse de la liberté. Cependant il est vrai de dire, croyons-nous, que la volonté, ou plutôt l'intelligence qui y préside, est habituellement l'indice d'une certaine liberté. L'être véritablement intelligent peut choisir, délibérer, peser les motifs d'un acte et se décider d'après celui de ces motifs qu'il considère comme le plus puissant; mais il ne jouit de la liberté morale, c'est-à-dire de la puissance de choisir entre le bien et le mal, qu'autant qu'il est doué de la raison, seule faculté qui lui livre les notions de juste et d'injuste, de vertu et de crime, en un mot l'idée du devoir sans laquelle il n'y aurait pas de moralité et, partant, pas d'actes capables de mérite et de démérite.

Il serait inutile de nous étendre davantage sur l'étude des facultés de l'âme considérées en elles-mêmes et dans l'homme. Ce n'est point, en effet, un traité de psychologie que nous avons voulu entreprendre. Mettre de l'ordre dans nos idées, fixer la valeur de certains termes diversement compris, établir une classification aussi nette que possible des facultés de l'âme : tel est le but que nous nous sommes proposé dans les courtes notions qui précèdent. Il nous reste à étudier ces facultés dans les animaux en les comparant aux mêmes facultés considérées dans l'homme : ce rapprochement nous conduira à la connaissance des caractères qui constituent notre supériorité au point de vue intellectuel et moral.

I. — Presque tout, dans l'*ordre sensitif*, est commun entre l'homme et l'animal. Chez l'un comme chez l'autre, il y a impression et sensation, sentiment de plaisir et de peine, de joie et de tristesse, de désir et d'aversion, d'amour et de

haine, d'admiration et d'indignation, d'espérance et de crainte; mais chez l'homme, par suite de leur contact avec d'autres facultés d'un ordre supérieur, ces facultés sont souvent inspirées par des motifs plus nobles. « Les sciences, les arts, la religion et l'ordre moral, la société sous ses différentes formes, famille, association, nationalité, excitent dans le cœur de l'être doué de raison les tendances les plus variées, les sentiments les plus nobles et les plus doux (1). » De là, chez la bête, une infériorité réelle, même à ce point de vue, mais une infériorité de degré seulement.

Nous n'essaierons pas, évidemment, d'apporter des arguments directs à l'appui de cette vérité que l'animal est sensible (2). La sensibilité ne se constate directement qu'en soi-même ; mais comme tous les actes extérieurs des animaux témoignent de l'existence d'une semblable faculté, il serait impossible d'en méconnaître la présence dans toute la série zoologique. Aussi la sensibilité est-elle considérée à juste titre comme le caractère le plus constant, ou, pour mieux dire, comme le seul caractère de l'animalité. Sans doute il peut y avoir des cas où il est difficile de la constater, par exemple lorsque l'on descend jusqu'aux derniers degrés de l'échelle animale, aux confins mêmes des deux règnes organiques; mais là n'est pas la question : tout ce que nous pré-

(1) *Cours de philosophie* de M. l'abbé Gille, p. 222 (Paris, Lecoffre).

(2) Personne ne conteste aujourd'hui cette vérité. Descartes lui-même reconnaissait aux animaux une sorte de sensibilité grossière, résultat du jeu des organes. « Il faut pourtant remarquer, dit-il dans une lettre, que je parle de la pensée, non de la vie ou du sentiment ; car je n'ôte la vie à aucun animal... Je ne leur refuse pas même le sentiment, autant qu'il dépend des organes du corps. » (*Œuvres*, X).

Nous devons le dire, toutefois : il se fait en ce moment en Angleterre une sorte de retour vers les idées de Descartes. A force de multiplier les actes réflexes, un certain nombre de physiologistes, à la tête desquels est Carpenter, tendent à réduire à l'automatisme toutes les opérations animales. Ne serait-ce point qu'ils confondent avec l'acte proprement *réflexe,* qui ne suppose ni perception interne ni volonté, les actes qui ont pour principe l'instinct ou l'habitude?

tendons ici c'est que la sensibilité existe chez les animaux en général. Pour la leur refuser, il faudrait en contester l'existence dans nos semblables; car chez les uns comme chez les autres elle ne se révèle que par des signes.

II. — S'il y a accord parmi les naturalistes au sujet de l'existence dans toute la série animale des facultés de l'ordre sensitif, il n'en est plus de même en ce qui concerne les facultés de l'ordre intellectuel. L'on s'est plu longtemps à attribuer, avec Linné et Buffon, toutes les actions de l'animal à un même principe, l'instinct; mais il suffit de lire le dernier de ces naturalistes pour se convaincre que l'on n'avait pas alors une idée bien nette du sens de ce mot. C'était un terme vague, dont on aimait à se servir parce qu'il avait un double avantage, celui de dispenser de l'étude pénible de l'âme animale et, en même temps, de permettre de distinguer nettement les actions humaines de celles des animaux, en les attribuant, *a priori*, à des principes différents. C'était se payer de mots et longtemps on en resta là.

Ce serait cependant se faire une étrange idée de la supériorité de l'âme humaine que de refuser une faculté à l'animal par cela seul qu'elle existe chez l'homme et de prétendre attribuer à l'un et à l'autre des principes d'actions différents parce qu'ils n'occupent pas la même place dans la création. L'ange, lui aussi, occupe dans la série des êtres un rang extrêmement élevé au-dessus de l'homme, et pourtant il a avec lui des traits de similitude, l'immortalité par exemple. Cette communauté d'attributs dans des êtres d'une nature très différente ne doit pas surprendre : elle fait ressortir davantage l'harmonieuse unité du plan divin qui présida à la création. On doit s'attendre à la rencontrer à tous les degrés de l'échelle des êtres.

Ce n'est point, du reste, rabaisser l'homme que de le rapprocher ainsi de l'animal sous le rapport intellectuel. S'il touche aux êtres inférieurs par ce que ceux-ci ont de plus noble, c'est-à-dire par l'intelligence, il s'en sépare nettement par un autre ordre de facultés qui l'élèvent infiniment au-

dessus d'eux, par les facultés morales. L'intelligence n'implique nullement la moralité des actes. Pour qu'il en fût ainsi, pour que tout être intelligent fût responsable de ses actes et, dès lors, capable de mérite et de démérite, pour qu'il jouît de la liberté morale, il faudrait qu'il eût l'idée du devoir, c'est-à-dire qu'il fût doué de raison. Or l'intelligence a des degrés; elle ne suppose pas nécessairement la raison et nous verrons que, de fait, cette dernière faculté, la plus excellente des facultés intellectuelles et la source des idées morales, n'existe que chez l'homme.

Que faut-il pour qu'on puisse attribuer l'intelligence aux animaux? Il faut et il suffit que l'on constate en eux une ou plusieurs des facultés intellectuelles que nous avons précédemment étudiées dans l'homme. Reprenons donc ces facultés dans l'ordre où nous les avons définies et voyons si elles existent chez les animaux, du moins chez les plus parfaits d'entre eux, chez les singes anthropomorphes, par exemple.

Il existe, avons-nous dit, trois facultés principales auxquelles nous devons les éléments de nos connaissances, nos idées premières concernant l'ordre physique, le *moi* et l'ordre métaphysique; ce sont la perception extérieure, le sens intime ou la conscience, et la raison.

La perception extérieure à l'aide des sens appartient incontestablement à l'animal; autrement il faudrait revenir aux idées de Descartes, c'est-à-dire n'attribuer aux animaux qu'une sensibilité grossière et sans but; car une sensation qui n'est pas suivie de la connaissance de l'objet senti est une sensation inutile. Ne voyons-nous pas, du reste, tous les jours l'animal éviter l'objet qui a été pour lui la cause d'une souffrance, rechercher au contraire ce qui a produit en lui une sensation agréable! Ce simple fait, qu'on ne saurait dans la plupart des cas attribuer à l'instinct, parce qu'il est le plus souvent le résultat de l'expérience, prouve assez qu'il n'y a pas seulement sensation chez l'animal, mais qu'il y a aussi connaissance des objets extérieurs.

Cette connaissance des objets extérieurs, cette notion du

monde physique est une idée. L'on peut donc dire que les animaux ont des idées, mais uniquement des idées sensibles, c'est-à-dire, dont l'objet est exclusivement matériel. Néanmoins, s'il est vrai de dire que toute idée est le produit de la pensée, l'on devra en conclure que les animaux pensent; mais la véritable pensée, celle qui est la source des idées abstraites, est en dehors de leur portée.

Leur intelligence ne se borne pas à la simple perception par les sens externes; elle comprend encore la conscience ou le sens intime, mais sous sa forme la plus élémentaire. Buffon lui-même leur reconnaît cette faculté. Il accorde à l'animal la conscience de sa propre existence et cependant il lui refuse absolument la faculté de penser; il lui refuse toute idée, toute intelligence. N'est-ce pas aller trop loin ? « Qu'est-ce que la conscience de l'existence sinon le discernement, la connaissance et, par conséquent, la pensée de l'existence ? Peut-il y avoir conscience sans connaissance et connaissance sans pensée ? (1) »

La conscience de l'animal peut-elle s'élever jusqu'à la réflexion? Peut-elle devenir active par son union avec la volonté? En d'autres termes, son âme a-t-elle la faculté de se replier sur elle-même pour considérer ses propres opérations?

Nous ne l'ignorons pas, un grand nombre de naturalistes l'ont admis. Ils voient l'animal hésiter, délibérer en quelque sorte avant d'agir; ils voient par exemple le chien résister au désir de dévorer la proie dont il s'est emparé, et ils appellent cela *réfléchir*. Mais ce n'est pas là, évidemment, la réflexion telle que nous l'avons définie; c'est, il est vrai, une opération de l'intelligence, mais cette opération n'a pas pour but l'intelligence elle-même; son but est plus matériel : c'est, si l'on veut, d'une part, un châtiment à éviter, de l'autre, une passion à satisfaire.

La *réflexion*, dans le sens philosophique du mot, appartient exclusivement à l'homme; du moins, aucun phénomène

(1) Flourens, *De l'instinct et de l'intelligence des animaux*, p. 24.

intellectuel n'en révèle l'existence dans l'animal. Tout prouve, au contraire, qu'il n'étudie pas son propre esprit, ses propres opérations intellectuelles. « Il y a là, dit Flourens, une ligne de démarcation profonde. Cette pensée qui se considère elle-même, cette intelligence qui se voit et qui s'étudie, cette connaissance qui se connaît, forment évidemment un ordre de phénomènes déterminés, d'une nature tranchée et auxquels nul animal ne saurait atteindre. C'est là, si l'on peut ainsi dire, le monde purement intellectuel et ce monde n'appartient qu'à l'homme. En un mot, les animaux sentent, connaissent, pensent; mais l'homme est le seul des êtres à qui ce pouvoir a été donné de sentir qu'il sent, de connaître qu'il connaît et de penser qu'il pense. »

La raison, troisième et dernière source des éléments de nos connaissances, existe-t-elle chez les animaux? Ici la réponse n'est pas douteuse : non, assurément. Il se peut que nous ne saisissions pas facilement les limites de cette faculté, l'étendue de son objet; mais il est des idées, celles de bien et de mal, par exemple, de juste et d'injuste, de vertu et de crime, qui doivent nécessairement lui être attribuées. L'on doit même, croyons-nous, étendre son domaine à toutes les idées abstraites; or, toutes ces idées appartiennent à l'homme et n'appartiennent qu'à lui. Et ce n'est pas là une vaine assertion, dénuée de preuves; c'est une vérité que vient démontrer l'observation attentive des opérations animales. Aucune de ces opérations ne réclame en effet le concours de la raison. Mais il y a plus : tous les actes qui chez l'homme dépendent évidemment de cette faculté suprême disparaissent dans les êtres inférieurs. Nous en avons un exemple frappant dans le langage.

Nous n'entendons pas parler, évidemment, du langage *naturel*, qui consiste dans la simple expression des sentiments ou des idées à l'aide de cris ou de gestes inspirés par le besoin : ce langage, purement instinctif, existe à des degrés divers chez tous les êtres animés. Mais il en est un autre que l'on appelle *artificiel*, parce qu'il se compose de signes con-

ventionnels, choisis plus ou moins arbitrairement pour communiquer la pensée ou exprimer les sentiments; c'est ce langage qui caractérise essentiellement l'homme. Il existe en effet chez tous les hommes et nulle part ailleurs (1). C'est que la création du langage est la plus abstraite de toutes les opérations intellectuelles, celle qui, par conséquent, réclame le plus impérieusement le concours de la raison. On peut apprendre à un animal, à un perroquet, à articuler des mots; mais on ne fera pas que cet animal, que ce perroquet attache à ces mots une idée générale et abstraite; on ne fera pas, comme le dit spirituellement Buffon, qu'il transmette à ses petits le talent de la parole.

« Les animaux, a dit un philosophe contemporain, ont des signes naturels, ou même artificiels, pour exprimer leurs sentiments, leurs pensées, leurs désirs ; mais ils n'ont point de signes dont chacun corresponde à une notion abstraite, à une conception générale ou à une idée de la raison. Aussi sont-ils incapables d'exprimer par diverses combinaisons d'un même système de signes des combinaisons correspondantes d'idées dont quelques-unes sortent du domaine de la perception sensible... L'animal le plus intelligent ne peut comprendre une phrase de nos langues, qu'autant qu'elle devient pour lui, dans son ensemble, le signe conventionnel d'une seule notion sensible, par exemple, d'une certaine action à exécuter ou d'un certain châtiment à craindre (2). »

M. de Quatrefages n'a pas saisi cette différence essentielle qui existe entre notre langage et celui des animaux. Ce dernier « est très rudimentaire sans doute, dit-il; il se compose

(1) « C'est une chose bien remarquable, a dit Descartes, qu'il n'y a point d'hommes si hébétés et si stupides qu'ils ne soient capables d'arranger ensemble diverses paroles et d'en composer un discours par lequel ils fassent entendre leurs pensées; et qu'au contraire il n'y a point d'autre animal, tant parfait et tant heureusement né qu'il puisse être, qui fasse le semblable. » (*Discours de la méthode*, V^e partie).

(2) Th. H. Martin, *Philosophie spiritualiste de la nature,* t. II, p. 235.

essentiellement d'interjections et de signaux; mais il n'en constitue pas moins un phénomène qui ne change pas de nature en se perfectionnant chez l'homme (1). »

C'est une grave erreur. Le langage humain répond à des actes de l'esprit qui n'existent à aucun degré chez l'animal. Chez ce dernier, la pensée, toujours confuse et en quelque sorte matérielle comme son objet, est conçue dans son ensemble et traduite comme telle par un signe unique; l'homme au contraire l'analyse, la décompose et en exprime séparément les parties. C'est ainsi que, pour traduire l'idée d'un contentement intérieur, il exprimera tour à tour le sujet, le verbe et l'attribut, et dira : *je suis heureux :* alors que, pour rendre le même sentiment l'animal, n'aura qu'un cri ou un geste. C'est dire que le langage, *analytique* chez l'homme, est *synthétique* chez la bête, et cela, parce qu'elle est privée de cette puissance d'abstraire qui fait en grande partie la supériorité de l'intelligence humaine.

Le passage cité plus haut paraît favoriser une autre erreur contre laquelle nous sentons le besoin de protester. Le langage des hommes n'a point commencé par des interjections. Les racines, ces éléments irréductibles et constitutifs de toutes les langues, sont non seulement des mots variables, mais des mots exprimant tous un attribut ou une idée générale. Tel est le résultat auquel ont conduit les récentes études de linguistique et de philologie comparée.

Il existe donc, quoi qu'en dise M. de Quatrefages, une différence essentielle entre notre langage et celui des animaux. Parler suppose la faculté d'abstraire qui n'appartient qu'à l'homme, et c'est pour cela que le véritable langage, signe extérieur de la raison, est de sa nature incommunicable aux animaux. Si, comme on le prétend, ces êtres avaient une organisation intellectuelle au fond identique à la nôtre, il serait vraiment étrange qu'aucun d'eux ne fût parvenu, sinon à inventer un langage, du moins à apprendre le nôtre, et,

(1) *Revue des cours scientifiques*, 6 juin 1868.

par suite, à se mettre avec nous en relations d'idées. Il peut se faire, il est vrai, que l'animal le plus perfectionné, le singe, par exemple, ne soit pas conformé physiquement pour articuler des sons (1); mais il est un autre langage que le langage parlé, il y a le langage d'action et celui-là est, matériellement, à sa portée. Le sourd-muet, lui aussi, est dans l'impossibilité de se servir de la parole; il est même, au point de vue purement organique, dans une condition pire que le singe, puisqu'il est privé du sens de l'ouïe : et pourtant quelle différence entre lui et cet animal au point de vue où nous nous plaçons! Les sourds-muets savent inventer des signes au moyen desquels ils peuvent se communiquer mutuellement leurs pensées, et si l'éducation leur vient en aide, ils peuvent atteindre le plus haut degré de développement intellectuel. Que l'on essaie, en retour, de faire l'éducation du singe le plus élevé dans l'échelle zoologique; que l'on s'efforce, par exemple, de lui apprendre à écrire. La seule idée d'une tentative aussi manifestement inutile fait sourire; et cependant, si, comme l'affirme M. de Quatrefages lui-même, l'animal partageait toutes nos facultés intellectuelles, il devrait être susceptible, pour le moins, de la même éducation que le sourd-muet, physiquement moins favorisé de la nature. A quoi peut tenir l'énorme différence que l'on constate dans les résultats obtenus dans l'un et l'autre cas, si ce n'est à la présence, chez l'homme, d'une faculté totalement inconnue chez les êtres inférieurs? Car enfin, la diversité des effets est l'indice de la diversité des causes. Si donc l'on observe chez l'homme un ordre de phénomènes nouveaux, inconnus chez les autres êtres, c'est qu'il est doué d'une faculté spéciale à laquelle ils se rapportent, et cette faculté c'est la raison.

Le langage considéré comme expression des idées, et spé-

(1) Cependant, s'il faut en croire Buffon, le singe a tous les organes nécessaires pour parler. Sa langue, dit-il, a paru aux anatomistes aussi parfaite que celle de l'homme.

cialement des idées abstraites, à l'aide de signes conventionnels, n'est pas le seul phénomène intellectuel qui soit manifestement attribuable à la raison. Tout ce qui présuppose l'abstraction ne saurait être attribué à une autre faculté. Pourquoi, par exemple, l'homme est-il le seul être qui soit susceptible de progrès? Comment se fait-il que tous les autres, si parfaits qu'ils paraissent, restent stationnaires, au lieu de se perfectionner comme lui ! C'est que pour inventer, pour se perfectionner, il faut raisonner; or, il n'est pas de raisonnement qui ne soit appuyé sur une idée générale et abstraite, et l'on sait que ces idées n'ont d'autre source que la raison (1).

Le sens moral et religieux que l'on a constaté, paraît-il, chez toutes les sociétés humaines, et dont, au contraire, rien ne révèle la présence chez l'animal, n'est-il pas encore la preuve manifeste qu'il existe en nous une faculté d'un ordre supérieur, inconnue dans le reste des êtres? Mais nous reviendrons sur ce sujet.

Ces divers phénomènes psychologiques, le langage, la perfectibilité, le sens moral et religieux sont autant d'effets d'une même cause, la raison. Si donc ces phénomènes sont inconnus dans les êtres inférieurs à l'homme, c'est évidemment que ces êtres sont dépourvus de la raison, seule faculté à laquelle on puisse les rapporter.

La présence de la raison dans l'homme et son absence chez l'animal étant des vérités, selon nous, démontrées, la question de savoir si les autres facultés nous appartiennent aussi exclusivement n'a plus qu'une importance secondaire. Nous essaierons cependant d'y répondre brièvement.

(1) C'est sans doute également à la raison, et plus immédiatement à la perfectibilité, qui en découle, qu'il faut attribuer ce fait remarquable que seul l'homme se vêt, seul il se pare, seul il fabrique des instruments ou des armes, seul enfin il allume du feu. On a dit, il est vrai, que c'était *par prudence*, de peur de brûler ses forêts et de se brûler lui-même, que le singe ne faisait pas de feu; mais si ceux qui l'ont dit se prenaient au sérieux, nous ne sommes heureusement pas obligés de faire de même.

Nous avons précédemment divisé ces facultés en deux groupes, les unes *représentatives*, telles que la mémoire, l'association des idées et l'imagination passive ; les autres *modificatives* qui sont l'abstraction, la généralisation, l'imagination active, le jugement et le raisonnement.

Personne ne prétendra que la mémoire appartienne exclusivement à l'homme. Les animaux donnent assez de preuves de l'existence en eux de cette faculté pour qu'on ne soit pas tenté, semble-t-il, de la leur refuser : « Ne reconnaissent-ils pas après une absence, dit Buffon, les personnes auprès desquelles ils ont vécu, les lieux qu'ils ont habités, les chemins qu'ils ont parcourus ? Ne se souviennent-ils pas des châtiments qu'ils ont essuyés, des caresses qu'on leur a faites, des leçons qu'on leur a données ? Tout semble prouver qu'en leur ôtant l'entendement et l'esprit, on ne peut leur refuser la mémoire et une mémoire active, peut-être plus fidèle que la nôtre (1). »

On croirait qu'après un pareil début l'illustre naturaliste va accorder la mémoire aux animaux ; et cependant il la leur refuse. Il la leur refuse, parce que selon lui la mémoire suppose la réflexion et que cette faculté n'existe pas chez eux. Il leur accorde, il est vrai, une certaine réminiscence qui n'est que « le renouvellement des sensations ou plutôt des ébranlements qui les ont causées ; » mais il ne considère pas cette réminiscence, indépendante de la réflexion, comme une véritable mémoire, et c'est précisément en cela que consiste son erreur. Sans doute, la mémoire, considérée dans l'homme, emprunte en partie sa perfection aux facultés qui le distinguent et spécialement à la réflexion ; mais cette dernière faculté, quelle que soit l'idée que Buffon ait pu s'en faire, n'est nullement indispensable pour l'existence de toute mémoire. On peut dire que la mémoire existe peut-être chez l'animal à un moindre degré, qu'elle y est purement instinctive et spontanée et que, dans tous les cas, elle diffère par son objet de la même faculté considérée dans l'homme, puisque chez ce

(1) *Discours sur la nature des animaux.*

dernier seulement elle a pour objet des idées abstraites; mais il y a loin de là à en nier totalement la présence ailleurs que dans le groupe humain.

L'association des idées, la seconde des facultés représentatives, n'est en quelque sorte qu'une annexe de la mémoire : il est donc à croire, *a priori*, qu'elle existe chez l'animal, et tout le prouve, en effet; c'est à elle qu'il faut attribuer certains actes psychologiques que parfois l'on pourrait confondre avec des faits d'un ordre supérieur, avec des jugements et des raisonnements, par exemple. Toutefois cette faculté existe chez l'homme à un degré infiniment plus élevé, puisqu'elle porte aussi bien sur des idées abstraites et rationnelles que sur des idées sensibles, et qu'elle s'y exerce sous l'empire de la volonté, alors que chez les êtres inférieurs elle est le plus souvent, sinon toujours, purement spontanée et involontaire.

L'imagination passive est encore une faculté indépendante de la raison et que, dès lors, nous partageons avec l'animal. Le rêve qui en est l'effet le plus remarquable existe aussi bien chez l'animal que chez l'homme : c'est dire que la faculté qui le produit, l'imagination, n'est pas particulière à l'homme.

Si nos facultés *représentatives* existent toutes chez l'animal, quoique dans un moindre degré, il n'en est plus de même des facultés dites *modificatives* qui, se rattachant immédiatement à la raison, appartiennent exclusivement à l'homme.

Telles sont, en premier lieu, l'*abstraction* et la *généralisation*. Nous avons déjà constaté l'absence, chez l'animal, des idées abstraites et générales ; nous avons vu que l'homme seul était susceptible de moralité, que seul il était capable de perfectionner ses opérations et d'avoir un langage : c'est que tout sens moral, tout progrès réel, tout langage véritable présuppose la faculté d'abstraire et de généraliser, faculté qui se confond avec la raison ou qui plutôt en est un mode, une forme, une manifestation.

L'*imagination active*, cette faculté qui crée de nouvelles images dont l'objet ne fut jamais en présence de nos sens,

peut être involontaire et, à ce titre, elle n'est pas nécessairement étrangère au rêve. On ne saurait donc la refuser absolument aux êtres inférieurs à l'homme. Mais l'imagination *active* et *volontaire*, qui préside, en même temps que le raisonnement, aux progrès des connaissances des hommes, à leurs découvertes et à leurs inventions, ne semble pas être commune à l'animal. Si les animaux étaient doués de cette faculté, ils sortiraient de l'espèce de stationnement moral qui les caractérise; l'on verrait les espèces modifier leurs habitudes, perfectionner leur industrie, se créer de nouvelles ressources. Or rien de tout cela ne se constate chez l'animal. N'est-ce pas la preuve qu'il est dépourvu de l'imagination volontaire, faculté dont on ne peut guère, du reste, supposer la présence là où n'existent ni la réflexion ni la raison?

Le *jugement*, tel qu'on l'entend en philosophie, n'est pas non plus à la portée de l'animal, parce qu'il contient une idée abstraite, celle qu'exprime l'attribut, et un rapport également abstrait contenu dans le verbe. Si la bête pouvait juger, elle pourrait avoir un langage : or nous avons vu que rien de semblable n'a jamais été constaté en elle-même. Elle supplée au jugement par le rapprochement des idées sensibles que lui fournit la mémoire. Elle se rappelle que, dans le passé, tel acte a été suivi de tel autre et, sans se dire que le premier a été la *cause* du second, elle sait néanmoins qu'en posant le premier elle amènera le second. Chez l'homme une opération de cette nature pourrait provenir d'un jugement véritable; chez la brute elle suppose une simple association d'idées. La mémoire et l'association des idées, tels sont, en définitive, les deux grands principes d'action des animaux, les deux seules facultés que l'on soit obligé de leur reconnaître, parce que, à elles seules, elles suffisent pour rendre compte de tous les actes dont ils sont les auteurs.

Par cela même qu'il s'appuie sur une *vérité-principe* inaccessible aux sens, le *raisonnement* ne saurait être non plus à la portée de l'animal. Tout au plus peut-on dire avec Leibnitz que les bêtes raisonnent sur des idées particulières et

sensibles, mais cette opération de l'esprit, excluant toute idée rationnelle, ne mérite pas, à proprement parler, le nom de raisonnement : c'est une simple association d'idées étrangère à la raison. Le raisonnement proprement dit suppose deux prémisses, dont l'une, la majeure, est une vérité générale, une conception abstraite. Or, nous l'avons vu, il n'existe chez les animaux ni vérité générale, ni conception abstraite; il n'y a donc pas chez eux de raisonnement véritable. « Il faut croire, dit M. Th. H. Martin, que leur intelligence voit le fait qui sert de prémisse, qu'elle voit la conclusion et que l'instinct supplée à la conception de la majeure et de la liaison logique (1). »

Locke lui-même reconnaît que l'animal est incapable d'un acte psychologique qui s'appuierait sur des idées abstraites. « Je crois, dit-il, que les bêtes ne comparent leurs idées que par rapport à quelques circonstances sensibles, attachées aux objets mêmes. Mais pour ce qui est de l'autre puissance de comparer que l'on peut observer chez les hommes, qui ne roule que sur les idées générales et ne sert que pour les raisonnements abstraits, nous pouvons conjecturer qu'elle ne se rencontre pas dans les bêtes. » Et ailleurs il ajoute : « Je crois être en droit de supposer que la puissance de former des abstractions ne leur a pas été donnée et que cette faculté de former des idées générales est ce qui met une parfaite distinction entre l'homme et la brute (2). » C'est la confirmation de ce que nous avons dit précédemment touchant la raison considérée comme caractère distinctif de l'âme humaine.

La perception extérieure, la conscience de soi, la mémoire et l'association des idées sont donc autant de facultés que l'animal possède dans une certaine mesure. Au contraire, l'abstraction, la généralisation, le jugement et le raisonnement, phénomènes intellectuels qui ne sont, pour ainsi dire, que les manifestations d'une même faculté, la raison, carac-

(1) *Philosophie spiritualiste*, t. II, p. 235.
(2) *Essai sur l'entendement humain*, l. II, ch. 11.

térisent essentiellement l'homme, puisqu'ils n'existent chez aucun des êtres inférieurs.

C'est donc à tort que l'on a prétendu, à la suite de Descartes et de Buffon, faire de l'*intelligence* le caractère distinctif de l'homme. L'animal, on vient de le voir, n'est pas totalement dépourvu des facultés intellectuelles ; il est, lui aussi, intelligent. Est-ce à dire qu'à ce point de vue il n'existe pas de différence entre lui et l'homme ? Pour le prétendre, il faudrait confondre, comme l'a fait Condillac, les actes purement instinctifs avec les actes véritablement intelligents. S'il on admet en effet qu'il n'existe chez la bête d'autre principe d'action que l'intelligence , il faudra recourir aux facultés intellectuelles les plus élevées pour expliquer certains phénomènes fort remarquables, certaines opérations, en apparence, extrêmement complexes qui se produisent chez des êtres placés, cependant, relativement assez bas dans la série zoologique. Comme exemple d'opérations autrefois attribuées à l'intelligence et aujourd'hui reconnues comme manifestement instinctives, nous citerons spécialement les travaux du castor.

On sait avec quel art cet animal élève des digues et se construit des cabanes dans les lacs et les rivières du Canada où il habite ; aussi Buffon, qui ne voit partout qu'instinct, lui accorde-t-il cependant une *lueur d'intelligence*, le plaçant ainsi au-dessus de tous les autres animaux. De tels actes doivent-ils donc être rapportés à l'intelligence ? En d'autres termes, sont-ils le résultat de l'expérience ou de l'imitation ? — Le fait suivant dont nous empruntons le récit à Flourens nous semble trancher la question.

« Le castor, que F. Cuvier a étudié avec le plus de suite, avait été pris tout jeune sur les bords du Rhône ; il avait été allaité artificiellement ; il n'avait donc pu rien apprendre, même de ses parents. On l'avait placé dans une cage grillée. On le nourrissait habituellement avec des branches de saules, dont il mangeait l'écorce, et l'on s'aperçut bientôt qu'après avoir dépouillé ces branches de leur écorce, il les coupait par

morceaux et les entassait dans un coin de la cage. Il rassemblait des matériaux pour bâtir.

« On l'y aida. On lui fournit de la terre, de la paille, des branches d'arbres ; et dès lors on le vit former de petites masses de cette terre avec ses pieds de devant, puis les pousser en avant avec son menton, ou les transporter avec sa bouche, les placer les unes sur les autres, les presser fortement avec sa queue jusqu'à ce qu'il en résultât une masse commune et solide, enfoncer alors un bâton avec sa gueule dans cette masse ; en un mot bâtir et construire.

« Or deux choses sont ici évidentes, ajoute Flourens : l'une que cet animal ne devait rien à la *société des siens*, source première, selon Buffon, de l'industrie des castors ; et l'autre, que cet animal travaillait sans utilité, sans but, machinalement, poussé par un besoin aveugle ; car, dit F. Cuvier, « il ne pouvait résulter aucun bien-être pour lui de » toutes les peines qu'il se donnait (1). »

M. Milne Edwards rapporte un grand nombre de faits analogues et aussi manifestement instinctifs. Les travaux des abeilles sont de ce nombre. « Ces ouvrières habiles, dit le savant naturaliste, n'ont besoin ni de modèle, ni de guide ; dès leur début dans leur carrière achitecturale, elles exécutent, sans tâtonnements ni méprises, une multitude d'opérations délicates dont l'utilité n'est pas immédiate ; elles ne profitent jamais de l'expérience pour perfectionner leurs procédés, et de génération en génération, elles travaillent de la même manière sans que les jeunes individus aient besoin des leçons de celles déjà excercées à bâtir ; enfin, on les voit continuer leurs travaux lorsque les circonstances dans lesquelles elles sont placées les rendent inutiles. On ne peut donc attribuer ces actes à l'influence de facultés analogues à celles de notre intelligence (2). »

C'est également à l'instinct qu'il faut attribuer l'apparente

(1) *De l'Instinct et de l'Intelligence des animaux*, p. 185.
(2) *Zoologie*, p. 229 ; 7e édition.

prévision en vertu de laquelle certains animaux amassent de de la nourriture pour la mauvaise saison ; « car, dit encore M. Milne Edwards, elle se montre avant que l'expérience ait pu apprendre à l'animal l'utilité de semblables magasins, et on l'a retrouve chez des individus vivant, ainsi que leurs parents, dans les climats où une saison de disette n'est plus à craindre. »

Il est des faits plus étranges encore et, on peut le dire, plus évidemment instinctifs. On voit des insectes dont le régime est *végétal*, et qui jamais ne connaîtront leur progéniture, déposer à côté de leurs œufs une nourriture *animale* propre à la larve qui en naîtra (1). Il ne peut y avoir ici ni expérience ni raisonnement ; l'instinct seul peut être le principe de telles actions.

On peut donc dire, d'une manière générale, que les actes des animaux qui accusent en apparence le plus d'intelligence doivent être attribués à l'instinct, c'est-à-dire, à une force aveugle, à un acte inné qui ne suppose ni expérience ni instruction (2). Ce n'est guère que chez les animaux placés par Cuvier au sommet de la série, chez le singe, l'éléphant

(1) Milne Edwards, *op. cit.*, p. 239.

(2) Il est vrai que, s'il fallait en croire les théories paradoxales de certains novateurs contemporains, l'instinct constituerait un progrès sur l'intelligence. « L'intelligence, dit l'un d'eux, progresse vers l'instinct et l'automatisme. L'automatisme est le dernier terme du perfectionnement de l'intelligence. » (Delbœuf : *Théorie générale de la sensibilité* ; Revue scientifique, 31 juillet 1875). L'auteur de cette bizarre assertion suppose très gratuitement, d'abord, que l'intelligence, « cet élément indispensable du progrès, » comme il le dit très bien, peut disparaître totalement chez les espèces animales qui ont été le plus favorisées sous ce rapport ; en second lieu, que l'instinct n'est qu'une habitude devenue héréditaire. Mais comment expliquera-t-il, dans cette dernière supposition, le fait, cité plus haut, d'un insecte qui, avant de mourir, prépare à sa larve, qu'il ne verra jamais, une nourriture différente de la sienne ? Cet animal eût-il une intelligence cent fois supérieure à celle de l'homme, qu'elle n'expliquerait pas une pareille prévoyance. Ici donc nous avons un fait qui n'a jamais pu être un effet de l'intelligence, ni par suite, passer en *habitude*, et l'*innéité* de l'instinct est evidente.

et le chien par exemple, que l'on rencontre des faits qui tiennent véritablement à l'intelligence. Or tous ces faits, ceux du moins qui sont bien constatés, sont parfaitement explicables sans que l'on ait pour cela recours à la raison.

C'est ici le cas de dire un mot de l'intelligence des singes anthropomorphes, que nous avons déjà étudiés spécialement au point de vue organique. On ne saurait nier qu'il existe en eux des facultés intellectuelles relativement assez développées, et cependant, dès lors qu'elles ne s'élèvent pas jusqu'à la raison, un abîme les sépare de l'intelligence humaine. On les a, du reste, considérablement exagérées. La ressemblance extérieure de ces animaux avec l'homme et des observations trop peu sérieuses leur avaient fait attribuer des facultés qu'ils n'ont pas (1). Ce n'est guère que de nos jours qu'une étude plus attentive de leurs mœurs a conduit à des idées plus exactes. Voici comment en parle l'auteur d'une publication récente :

« Les singes n'ont pas tous le même degré d'intelligence, et le développement auquel, chez eux, cette faculté peut atteindre ne les élève pas autant qu'on l'admet ordinairement au dessus des autres mammifères. Les écrivains de l'antiquité

(1) « On ne saurait trop se défier, dit M. Paul Gervais, de la facilité avec laquelle certains observateurs superficiels ont accordé à beaucoup d'animaux des sentiments et des raisonnements qui n'existent le plus souvent que dans l'esprit de ceux qui en ont parlé. Dans d'autres cas, les anciens voyageurs ont abusé de la confiance que leurs contemporains avaient en eux, et disons-le, autrefois comme de nos jours, le goût du public pour tout ce qui est exagéré, ou même dû à la seule imagination des écrivains, a trop souvent engagé quelques-uns de ceux-ci à publier comme des vérités une foule de prétendues observations qui ne sont en réalité que des contes imaginés à plaisir. Aussi faut-il apporter un soin extrême dans le choix qu'on fait parmi les détails publiés au sujet de ces animaux. » (*Hist. nat. des mammifères*, p. 23.) — Frédéric Cuvier, spécialement compétent en pareille matière, a dit de son côté : « Lorsqu'il est question des phénomènes qui doivent établir la dernière limite entre l'intelligence de la brute et l'intelligence de l'homme, on ne doit donner pour certain que ce qu'on a vu, que ce qu'on a observé soi-même. »

sont en admiration devant les facultés intellectuelles des singes. Ils se sont laissés éblouir par l'habileté que ces quadrumanes, seuls, possèdent en dehors de l'homme, et l'ont attribuée à une supériorité intellectuelle. En réalité, le singe ne montre pas plus d'intelligence, l'on pourrait même dire qu'il en montre moins que certains autres mammifères plus élevés, tels que l'éléphant et le chien. Sa main lui donne de si grands avantages sur les autres animaux que ses actions paraissent bien plus intelligentes qu'elles ne le sont réellement. Le singe aime à apprendre ; l'instinct d'imitation que possèdent la plupart des espèces de cette tribu leur permet même d'exécuter avec facilité toutes sortes d'exercices. Ils savent s'approprier, après quelques mois, les tours les plus divers que le chien, par exemple, n'apprend qu'avec beaucoup de peine... Il n'est pas difficile d'apprendre à un singe à se servir d'une fourchette, d'un couteau, à boire dans un verre, à se vêtir, à tourner la broche, à aller chercher de l'eau, etc.; mais jamais il ne s'en acquittera avec le même soin, l'on pourrait dire avec la même conscience, qu'un chien bien dressé. On ne peut nier toutefois que les singes ne soient généralement très intelligents... Leur mémoire est excellente; ils savent très bien dans les occasions mettre à profit l'expérience qu'ils ont acquise et tirer avantage de l'adresse et de la ruse qui leur sont naturelles. Ils sont habiles à dissimuler leurs projets, et souvent il est impossible de pénétrer la méchanceté qu'ils méditent. Ils se tirent adroitement du danger et savent trouver à merveille les moyens de se garantir ou de se défendre. Mais tout cela s'observe aussi chez l'éléphant et le chien, et même à un plus haut degré de développement (1). »

On a beaucoup trop vanté, on le voit, l'intelligence des singes. Les faits les plus extraordinaires qu'on leur attribue s'expliquent tous par le penchant de ces animaux à l'imitation, penchant vraiment remarquable qui a sa source, non

(1) Brehm, *L'homme et les animaux : les singes*, p. 6.

dans la raison, mais dans des facultés intellectuelles d'un ordre inférieur, et qui, du reste, se retrouve, quoique à un moindre degré, chez beaucoup d'autres animaux, puisqu'il est le principe de l'éducabilité. A l'état sauvage, c'est-à-dire dans la condition où l'on doit principalement les étudier, si l'on tient à se faire une idée juste de leurs facultés naturelles, on n'observe rien dans leurs mœurs qui les rapproche autant de notre espèce. Leur intelligence semble même complétement dominée par leurs appétits grossiers. L'auteur que nous venons de citer en donne un exemple curieux. « On raconte, dit-il, que les Guyanais vident une calebasse à l'aide d'une ouverture suffisante pour permettre à l'espèce dont ils veulent s'emparer d'y introduire la main, mais trop étroite pour qu'elle puisse en sortir lorsqu'elle est pleine et fermée ; cela fait, ils en garnissent l'intérieur de fruits et l'abandonnent aux singes. Ceux-ci, pour atteindre leurs mets favoris, s'efforcent d'entrer leurs mains par l'ouverture étroite de la calebasse et saisissent une partie du contenu avec une avidité telle qu'ils se laissent attraper par l'homme, plutôt que d'abandonner le morceau qu'ils tiennent. Le désir de la possession l'emporte donc ici sur l'instinct de la conservation. »

Ce fait remarquable montre à quoi se réduit l'intelligence du singe. « Elle n'a aucun rapport avec celle de l'homme, continue Brehm ; en comparant ces deux êtres, on constate facilement une différence essentielle. L'homme croît en sagesse et en intelligence à mesure qu'il avance en âge ; le singe n'est susceptible d'éducation que pendant le jeune âge ; à mesure qu'il vieillit la partie bestiale prend le dessus et la passion domine alors complétement l'intelligence. L'éducation exerce une grande influence sur le singe ; elle développe considérablement ses facultés intellectuelles, mais elle n'arrive jamais à un résultat satisfaisant, et jamais elle ne pourra faire du singe l'émule de l'homme. D'ailleurs les singes à l'état de nature ne font pas preuve d'une plus grande intelligence que d'autres animaux supérieurs. Cette

faculté ne paraît se développer que lorsqu'ils sont en contact avec nous (1). »

Nul n'a mieux montré que le voyageur du Chaillu à quel point étaient entachées d'erreurs les données que l'on possédait avant lui, c'est-à-dire il y a quinze ans à peine, concernant les habitudes des grands singes de l'Afrique équatoriale. Parlant spécialement du gorille, le plus inconnu de tous jusque-là, le savant et hardi chasseur s'élève contre certaines idées fort répandues jadis, mais qui n'avaient de fondement, comme il le dit lui-même, que dans l'imagination des nègres ignorants et des voyageurs crédules : « Je regrette, dit-il, d'être obligé de détruire d'agréables illusions, mais le gorille ne s'embusque pas sur les arbres de la route pour saisir avec ses griffes le voyageur sans défiance ; il ne l'étouffe pas entre ses pieds comme dans un étau ; il n'attaque pas l'éléphant et ne l'assomme pas à coups de bâton ; il n'enlève pas les femmes de leurs villages ; il ne se bâtit pas une cabane de branchages dans les forêts et ne se couche pas sous un toit comme on l'a rapporté avec tant d'assurance; il ne marche pas non plus par troupes, et dans ce que l'on a rapporté de ses attaques en masse, il n'y a pas l'ombre de la vérité (2). »

Mais c'est assez insister sur l'intelligence des singes ; c'est assez démontrer que ces animaux, quelle que soit du reste leur perfection physique, n'ont pas les facultés psychologiques plus développées que plusieurs autres mammifères. Cela prouve une fois de plus, selon Bossuet (3), que l'intelligence

(1) *Loc. cit.* p. 7.

(2) *Voyage et aventures dans l'Afrique équatoriale*, p. 22. — M. le marquis de Compiègne a rapporté, de ses récents voyages en Afrique, une impression analogue au sujet du gorille. Il raconte, dans une lettre à l'*Explorateur*, qu'au mois de juillet 1871, il vit deux gorilles, énormes tous deux, « non pas, dit-il, debout sur leurs pieds et se promenant comme des hommes dans la forêt, mais perchés au sommet d'un arbre dont ils dégringolèrent avec une excessive agilité en m'évitant. Je dois dire qu'ils m'ont absolument fait l'effet de deux ours Martin sur leur perchoir du Jardin des Plantes. »

(3) *De la connaissance de Dieu et de soi-même*, ch. V, 12.

n'est pas nécessairement attachée aux organes et qu'elle dépend d'un autre principe.

Il suit de ce qui précède que, si les animaux ne sont pas totalement dépourvus d'intelligence, l'homme s'en distingue cependant fort nettement à ce point de vue, puisque seul il est doué de raison. Aussi est-ce à tort, selon nous, que M. de Quatrefages prétend assimiler les facultés intellectuelles de l'animal à celles de l'homme (1) et qu'il considère ces facultés comme se développant progressivement et insensiblement depuis le dernier des zoophytes jusqu'à nous. On peut admettre ce développement progressif des facultés mentales prises dans leur ensemble; mais on ne saurait l'admettre pour chacune d'elles en particulier et spécialement pour la raison. Cette faculté apparaît subitement dans l'homme; elle y est si développée qu'elle efface pour ainsi dire toutes les autres, et nulle part ailleurs que chez l'homme on n'en retrouve de trace.

Il nous reste à dire un mot de la volonté et des facultés psychologiques qui s'y rattachent.

III.—L'activité se manifeste chez les animaux par des actes spontanés et par des actes volontaires. Chez le plus grand nombre, chez ceux, par exemple, qui ne sont susceptibles d'aucune éducation, les premiers semblent exister seuls : c'est dire que chez eux tout se réduit à l'instinct. Mais à côté de l'instinct, qui toujours domine, nous avons vu que l'on ren-

(1) « L'animal, dit-il, a sa part d'intelligence; ses facultés fondamentales, pour être moins développées que chez nous, *n'en sont pas moins les mêmes au fond*. L'animal sent, veut, se souvient, *raisonne...* » (*Unité de l'espèce humaine*, p. 19.) — Dans un ouvrage plus récent, *L'espèce humaine* (1877), M. de Quatrefages s'exprime d'une façon analogue mais peut-être plus inexacte encore. « L'expérience personnelle et l'observation comparative attestent, dit-il, que l'animal *sent*, *juge* et *veut*, C'EST-A-DIRE, qu'il *raisonne* (p. 10).» Quelle idée se fait donc M. de Quatrefages du *raisonnement*, si, dans sa pensée, cette opération de l'esprit se confond avec les trois précédentes? A notre avis, elle en est très distincte. Nous admettons que l'animal *sent* et *veut*; mais il ne *juge* ni ne *raisonne*, parce que ces deux actes supposent des idées abstraites, inconnues chez la brute.

contrait souvent quelque lueur d'intelligence; or l'intelligence, si faible qu'elle soit, suppose la connaissance des objets vers lesquels on tend; elle suppose, par suite, la volonté.

La volonté n'est donc pas spéciale à l'homme. De plus, elle implique, avons-nous dit, une certaine liberté qui consiste dans la faculté de choisir entre divers objets. Mais la véritable liberté, la liberté morale, principe de toute responsabilité, qui suppose la faculté de choisir entre le bien et le mal et sans laquelle il ne saurait y avoir d'acte méritoire, cette liberté n'appartient qu'à l'homme. L'animal n'a que des idées sensibles et concrètes; les motifs qui le poussent à agir sont nécessairement du même ordre; l'idée tout abstraite du devoir est étrangère à son intelligence; il ne saurait donc songer à attribuer à ses actes une valeur quelconque, à y attacher une idée de mérite ou de démérite. Il les exécute parce qu'ils lui procurent une satisfaction; il les omet parce qu'ils sont pour lui l'occasion d'une sensation désagréable, parce que peut-être sa mémoire lui dit qu'ils sont suivis d'un châtiment. Mais il lui importe peu qu'ils soient ou qu'ils ne soient pas conformes à des lois qu'il ignore et qui, par conséquent, ne peuvent être le mobile de sa conduite. L'homme au contraire sait qu'il existe une loi à laquelle il est soumis; il sait que cette loi a une sanction, que s'il la transgresse il encourra un châtiment, que s'il essaie au contraire, d'y conformer ses actes, il se rendra digne d'une récompense. Il sait de plus qu'il existe un être supérieur auquel il doit respect et obéissance. Il est doué, en un mot, du sens moral et religieux ou, pour nous servir des termes de M. de Quatrefages, de *moralité* et de *religiosité*.

Que les facultés morales existent chez tous les hommes, c'est ce qui n'a jamais guère été contesté. L'universalité du sentiment religieux a été l'objet de plus d'attaques. On a affirmé l'existence de populations athées. « Mais le fait est-il vrai? répond M. de Quatrefages; il est permis d'en douter, et même de le nier, depuis surtout les discussions si com-

plètes de la Société d'Anthropologie. Pour ma part, je déclare que je ne connais plus une seule peuplade qu'on puisse, avec quelque apparence de raison, appeler athée. Sans doute on trouve des individus et des écoles qui déclarent ne pas admettre pour leur compte d'idées religieuses. J'accepte comme absolument exacte l'assurance qu'ils donnent de leur athéisme en me bornant à faire remarquer que ces individus ou ces écoles appartiennent aux nations civilisées, c'est-à-dire à celles qui ont souvent donné les preuves les plus anciennes et les plus éclatantes de leur religiosité ; mais je ne parle ici que de groupes ayant une existence sociale distincte et pouvant mériter le titre de races. On a surtout cité comme tels les Boschimen et les Australiens. Méritent-ils vraiment ce qu'on a dit d'eux? Mais, quant aux premiers, nous savons par Kolb, et depuis par MM. Arbousset et Daumas, que, traqués de tous côtés, ils ont conservé dans leur vie misérable des croyances d'une élévation parfois remarquable. Quant à ceux qui parlent de l'athéisme des Australiens, ils oublient ou ne savent pas qu'il existe chez eux toute une mythologie, bien rudimentaire sans doute, si on la compare à la mythologie grecque, mais qui accuse néanmoins un sentiment religieux assez développé (1). »

Il nous serait facile de citer à l'appui de ces assertions des témoignages plus récents, concernant les peuplades les plus sauvages de l'Afrique et de l'Océanie ; mais nous ne croyons pas utile d'insister davantage sur ce sujet. L'universalité du sentiment religieux, considéré comme caractère distinctif du groupe humain, ne nous semble pas du reste avoir l'importance que lui attribue M. de Quatrefages ; car s'il est vrai qu'il ne se rencontre chez aucun animal, il pourrait se faire, sans qu'on pût rien en conclure contre notre thèse, qu'il fît également défaut chez quelque groupe d'hommes. La religiosité n'est pas, selon nous, un sentiment inné au même titre que la moralité. Elle est, il est vrai, le produit, le résultat

(1) *Revue des cours scientifiques*, 6 juin 1868.

d'une faculté innée, la raison ; mais elle n'en est pas le résultat *nécessaire*. Pour l'acquérir il faut raisonner, il faut remonter de l'effet à la cause, du monde à son principe, à l'être qui en est l'auteur. Or, comme tous les hommes n'utilisent pas également la faculté qu'ils ont de raisonner, il ne serait nullement étonnant que certaines peuplades isolées, du moins que certains individus fussent privés de tout sentiment religieux (1). La seule chose à démontrer, et elle l'est suffisamment, c'est que ce sentiment fait totalement défaut chez l'animal.

Cela a été contesté, cependant. Darwin a prétendu sérieusement que l'animal avait quelque germe des idées religieuses. Le fait sur lequel il appuie son opinion mérite d'être rapporté.

Son chien se trouvait un jour couché sur le gazon, et, à quelque distance, était un parasol ouvert qui de temps en temps était agité par la brise ; or, chaque fois que le parasol remuait, le chien grognait et aboyait. S'il fallait en croire Darwin, cet animal se serait dit en lui-même que « ce mouvement, sans cause apparente, indiquait la présence de quelque *agent vivant étranger*, n'ayant aucun droit d'être sur son territoire (2). » Il y aurait donc chez lui une certaine croyance

(1) A vrai dire, nous serions surpris que toutes les peuplades barbares que l'on nous signale comme étant en possession de l'idée religieuse, l'eussent acquise par elles-mêmes. Il nous semble plus rationnel d'y voir soit le résultat d'une révélation primitive, soit un héritage supposant un état antérieur de civilisation.

Nous devons ajouter que M. de Quatrefages a eu le tort encore, selon nous, de voir deux facultés distinctes là où il ne fallait voir qu'une double manifestation d'une même faculté. La religiosité et la moralité ne sont, en effet, comme le langage et la perfectibilité humaine, que les résultats de la raison. Quelle que puisse être leur importance comme caractères taxonomiques, les prendre pour des facultés distinctives de l'homme, à l'exclusion de la raison dont elles dépendent, c'est confondre l'effet avec la cause, le phénomène avec la faculté qui en est le principe.

(2) *The descent of man*, I, 20. — Naturellement, Carl Vogt renchérit encore sur son maître : il attribue au chien la peur des *revenants* et du *surnaturel* (*Leçons sur l'homme*).

aux esprits ; or, de là à la croyance en une ou plusieurs divinités, il n'y a qu'un pas.

Est-il besoin de le dire? Le fait en question ne suppose aucune idée religieuse. Il ne suppose même aucune intelligence. Il est tout naturel qu'un mouvement sans cause visible ait déterminé chez le chien un sentiment d'inquiétude et de crainte qui s'est traduit par un aboiement ; et dans tout cela il n'y a rien qui sorte de l'ordre sensitif. Loin d'être favorable aux idées transformistes, ce fait nous montre au contraire combien est peu développée l'intelligence du chien. L'action du vent et le mouvement du parasol sont deux phénomènes tout physiques et, par suite, à la portée de cet animal. L'expérience aurait pu lui apprendre que l'un précède habituellement l'autre, car ce n'était certainement pas la première fois qu'il voyait un objet agité par le vent. Si, dans la circonstance, l'une des deux idées n'éveille pas l'autre, c'est que les facultés intellectuelles de ce chien étaient bornées au point de ne voir que le phénomène immédiat, sans pouvoir faire un pas au-delà dans la recherche de sa cause.

Darwin nous dit encore, — et à sa suite Hæckel et Vogt, — que l'animal a l'idée de la *propriété*, jointe à des sentiments de *magnanimité* et de *dignité* personnelle, et cela, parce que le chien défend l'os que l'on veut lui enlever, parce qu'il dédaigne les menaces que lui fait un petit animal, parce que, enfin, un babouin s'est mis en fureur et s'est mordu jusqu'au sang, un jour que son gardien faisait devant lui une lecture à haute voix(1). Nous avouons que, dans ces faits comme dans tous ceux qu'on nous signale, nous ne voyons rien que la stupidité de l'animal, stupidité qui se manifeste soit par l'expression d'une douleur ou d'une satisfaction

(1) Darwin, *The descent of man*, passim; — Haeckel, *Histoire naturelle de la création* ; — Vogt, *Leçons sur l'homme*. — Nous ne pouvons que renvoyer, pour tout ce qui concerne le transformisme, à l'excellent petit ouvrage de M. l'abbé Lecomte : *Le darwinisme et l'origine de l'homme*. — Voir aussi la *Genèse des espèces* du R. P. de Valroger.

toute physique, soit par la poursuite instinctive de tout ce qui peut contribuer à satisfaire ses appétits grossiers. Un naturaliste anglais, transformiste mitigé, Saint-George Mivart, nous semble avoir mieux compris la nature de ces manifestations animales lorsqu'il a dit : « On peut affirmer sûrement qu'il n'y a chez les brutes aucune trace d'actions simulant la moralité qui ne soient explicables par la *crainte du châtiment*, *l'espérance du plaisir ou quelques affections personnelles* (1).

Nous avons dit précédemment que, pour constituer un nouveau *règne* il fallait un ordre de phénomènes spéciaux, dus à une cause inconnue dans les règnes inférieurs. Ces phénomènes, nous les avons trouvés dans le langage de l'homme, dans la perfectibilité qui le caractérise, ainsi que dans ses idées morales et religieuses ; cette cause nouvelle, nous l'avons rencontrée également dans la raison, source première de tous ces phénomènes (2). Nous pouvons donc,

(1) *Genesis of species*, p. 221.

(2) On est encore assez unanime, il faut le dire, à reconnaître à l'homme ce caractère distinctif; mais pour beaucoup il semble que ce ne soit là qu'un mot, qui ne répond à rien de réel. Quand ils étudient les facultés dans leur détail, ils les retrouvent toutes chez l'animal. C'est à ces hommes surtout que nous avons voulu nous adresser dans ce travail. Qu'ils veulent bien y regarder de près et ils ne tarderont pas à se convaincre qu'en dehors des faits instinctifs, souvent très complexes, mais en général assez facilement reconnaissables à leur *innéité*, il n'est rien chez l'animal qui ne s'explique par la seule présence d'idées *sensibles*, par la simple notion des objets *matériels*. L'idée *abstraite*, principe du langage analytique, c'est-à-dire de ce langage qui nous est propre, n'existe pas chez lui, et c'est pour cela qu'avec la meilleure volonté du monde, on ne lui apprendra jamais à exprimer une pensée ou à traduire un sentiment autrement que d'une façon synthétique, par un cri ou par un geste, par exemple. Si seulement il pouvait juger, c'est-à-dire décomposer sa pensée, en exprimant tour à tour les idées qui, chez nous, correspondent au sujet, au verbe et à l'attribut, il pourrait parler, car la parole se compose de jugements ; ou si l'organe lui manquait, il pourrait, du moins, comme le sourd-muet, se faire comprendre à l'aide de signes artificiels. Mais le jugement n'est pas à sa portée, parce que, des trois idées qui le composent, deux au moins, sont des idées générales ou abstraites, celle qu'exprime l'attribut

avec beaucoup plus de droit que M. de Quatrefages, reconnaître au groupe humain l'importance d'un règne. L'éminent naturaliste ne voit dans l'homme d'autres phénomènes caractéristiques que le sens moral et religieux, et nous y trouvons de plus le langage et la perfectibilité; il considére ses facultés intellectuelles comme ne différant qu'en degré de celles de l'animal, et nous avons vu que chez ce dernier tout semblait se réduire à la perception externe, jointe à la mémoire et à l'association des idées sensibles; enfin il ne voit d'autre cause du sens moral et religieux que l'âme humaine, qu'il fait ainsi coexister avec l'âme animale, principe des autres manifestations vitales, et nous l'attribuons à une faculté suprême dont tout le monde peut admettre la coexistence avec le principe de la vie animale sans aller aucunement à l'encontre des idées reçues en psychologie.

Aucune préoccupation dogmatique ne nous a guidé dans cette étude. Que nous formions dans la nature un règne à part, ou que nous appartenions, zoologiquement, comme le prétendait Linné, au même genre que certains singes, il importe peu, au point de vue religieux. Quelles que soient la nature et la destinée de l'âme des animaux, nous savons, par des raisons tout à fait indépendantes des considérations zoologiques, que la nôtre est immortelle. On peut restreindre autant qu'on le voudra la distance qui nous sépare de l'animal, notre nature n'en sera pas changée; nous resterons toujours ce que nous sommes, des êtres libres et, dès lors, capables de mérite et de démérite. Les partisans de la théorie moderne du transformisme pourront se prévaloir de cette analogie frappante; mais, sans parler des difficultés d'un autre ordre, des faits

et celle, plus générale encore, qu'exprime le verbe, l'idée d'être. On le voit, c'est plus qu'un argument négatif que nous apportons à l'appui de notre thèse. Nous ne constatons pas seulement que tous les phénomènes physiologiques qui s'observent chez l'animal s'expliquent par les seules idées sensibles; nous signalons en outre parmi ces phénomènes une lacune évidente, indice frappant de l'absence d'une faculté qui chez l'homme prime toutes les autres, la raison.

d'expérience et des découvertes paléontologiques qui les arrêteront toujours, il leur restera encore à expliquer comment s'effectue le passage d'une espèce à une autre; car ils admettent, avec tout le monde, que les caractères qui distinguent l'homme sont pour le moins spécifiques. Là échoueront toujours leurs efforts et l'hypothèse transformiste ne cessera pas d'être ce qu'elle est, une *conjecture* sans fondement.

Après tout, cette question de la transformation des espèces est-elle donc si intimement liée à l'orthodoxie chrétienne? Est-il vrai que, dans ses données essentielles et en dehors de l'application brutale qui en a été faite à l'homme, le transformisme soit si absolument contredit par nos livres saints que tout chrétien doive le rejeter *a priori?* Il y aurait témérité, croyons-nous, à l'affirmer. Le texte de la Genèse n'est pas tellement explicite qu'il ne laisse planer bien des mystères sur l'origine et le mode d'apparition des êtres (1). En pareille matière on ne saurait pécher par trop de réserve. En ce qui concerne les sciences physiques et naturelles, dit quelque part saint Augustin, il faut se garder d'appuyer sur l'autorité de la Bible des idées qui ne seraient pas parfaitement incontestables, car il pourrait se faire que leur fausseté fût un jour démontrée, et ce ne serait pas sans un grand détriment pour l'autorité des Saintes Écritures. Si les théologiens, qui invoquaient cette autorité pour nier le mouvement de translation de notre globe, s'étaient rappelé ce sage conseil du saint docteur, Galilée n'eut pas été condamné et nos adversaires n'auraient pas à se prévaloir d'un acte qu'ils dénaturent en attribuant à l'Église une attitude anti-scientifique.

N'allons donc point chercher dans la Bible des arguments, qui peut-être ne s'y trouvent pas, pour combattre des théories contre lesquelles les sciences humaines nous fournissent

(1) On pourrait même dire qu'il favorise dans une certaine mesure le système de la variabilité des espèces, lorsqu'il attribue une origine unique à toutes les races humaines, si différentes qu'elles soient.

des armes suffisantes. N'oublions point, du reste, qu'il ne saurait y avoir de contradiction entre la science et les Livres saints, entre l'œuvre de Dieu et sa parole. Si le savant, qui est l'interprète de la nature, doit écarter sans hésiter toute hypothèse qui serait en contradiction avec des vérités révélées, de son côté, l'exégète, qui commente l'Écriture, doit rejeter toute interprétation qui serait en opposition formelle avec une vérité scientifique. C'est là, on peut le dire, un point capital, tant dans l'intérêt de la religion que dans l'intérêt des sciences, puisque jamais la vérité ne saurait se contredire elle-même.

L'abbé Hamard,
prêtre de l'Oratoire de Rennes.

DES LOCALISATIONS CÉRÉBRALES (1).

La *Société scientifique de Bruxelles* a pris pour devise cette proposition du concile du Vatican : *nulla unquam inter fidem et rationem vera dissensio esse potest*. C'est faire une œuvre également utile à la science, à la philosophie et à la religion que de démontrer, par une étude impartiale, ce qu'il y a de faux dans l'antagonisme que certains esprits ont cru découvrir entre les sciences expérimentales et les dogmes philosophiques et religieux.

De toutes les sciences, les plus exploitées contre le spiritualisme et le christianisme (les positivistes ne les séparent

(1) Je fis sur ce sujet le 2 mai dernier, dans une des assemblées générales de la *Société scientifique* une conférence que les auditeurs trouvèrent opportune. Plusieurs m'engagèrent à la publier en y ajoutant des développements que le temps m'avait obligé d'omettre. C'est à ce désir que je défère, me bornant à souhaiter que mes lecteurs soient aussi bienveillants que le furent mes auditeurs.

Je n'ai pas conservé à ce travail la forme oratoire, parce qu'elle impose des longueurs inutiles et empêche des divisions, quelquefois indispensables pour la clarté de l'exposition.

pas dans leur haine) sont celles qui ont pour sujet l'homme ou qui y conduisent : ainsi, qu'il s'agisse de l'origine des êtres organisés, de la fixité des espèces, de la nature des phénomènes vitaux et psychiques, etc. on peut être assuré, qu'obsédés par l'idée de contredire les données de la révélation, certains savants accepteront les hypothèses les moins démontrées, uniquement parce qu'elles paraissent infirmer quelqu'un de nos dogmes.

Cette tendance, sous tous les rapports fâcheuse, ne saurait être niée; elle seule sert de lien entre une foule d'hommes que séparent la naissance, les intérêts, la spécialité de leurs études, la langue et même les doctrines purement scientifiques ; elle est assez puissante pour faire oublier toutes les causes de division et susciter une espèce de ligue internationale qui a ses revues, ses journaux et ses congrès. Chacun a son rôle dans cette armée : l'un nie l'origine divine de l'humanité, l'autre nie la création même, un troisième soutient que tous les êtres organisés descendent d'une cellule, produite elle-même par la rencontre fortuite des éléments qui l'ont constituée, tous s'accordent pour expliquer par l'organisation seule les phénomènes vitaux et intellectuels; et ainsi, à la création, à la fixité des espèces, à la formation directe de l'homme par Dieu et à l'éminente dignité que lui donne l'origine, la nature et la fin de son âme immortelle, on substitue l'éternité de la matière, la génération spontanée des êtres vivants, l'évolution et la commune descendance de ces êtres (transformisme), et la négation de l'âme et de Dieu.

Ces doctrines sont répandues, sous toutes les formes, par les livres et par les revues; et, chose plus triste, acceptées avec enthousiasme comme de précieuses alliées par les ennemis de notre ordre social, elles sont répandues par leurs organes qui les prêchent tous les jours aux ignorants sous leur forme la plus brutale.

On tente en ce moment un grand effort pour faire un pas de plus : déjà ces doctrines sont enseignées comme des vé-

rités démontrées dans les universités, elles ont même pénétré dans les colléges, on voudrait les implanter d'une façon définitive jusque dans les écoles primaires et en même temps en exclure l'enseignement religieux. C'est là la signification de ces mots : *École laïque et obligatoire.*

Le danger que ces tentatives font courir à l'ordre social est immense, celui auquel elles exposent la science elle-même n'est pas moindre. Ce n'est pas moi, c'est le professeur Virchow qui le dit.

Ayant à s'expliquer, il y a quelques mois, sur ces questions il disait devant le congrès des anthropologistes et des médecins de Munich :

« Quant à des preuves en faveur de la génération spontanée, nous n'en possédons aucune. Personne n'a jamais vu s'opérer réellement une génération spontanée, et s'il est des gens qui ont prétendu en avoir vu, ce ne sont pas les théologiens qui les ont réfutés, ce sont les naturalistes.... Donc, à mon avis, au sujet des rapports entre le monde organique et le monde inorganique, nous devons reconnaître qu'en réalité nous ne savons rien. »

Ses conclusions ne furent pas moins nettes au sujet du transformisme. Dans le même discours il s'exprimait ainsi : « Si nous étudions l'homme quaternaire fossile, lequel pourtant devrait tenir de plus près à nos extrêmes ancêtres, nous trouvons toujours un homme tel que nous... Il n'a été encore trouvé aucun crâne fossile de singe ou d'homme singe qui ait réellement pu appartenir à un possesseur humain... assurément on peut penser qu'il y a eu peut-être sur la terre un endroit particulier où a vécu l'homme tertiaire... il peut se faire qu'un jour on le rende à la lumière ; mais, en fait, positivement nous devons reconnaître qu'il existe toujours une ligne bien nette de démarcation entre l'homme et le singe. Nous ne pouvons enseigner, nous ne pouvons présenter comme une conquête de la science cette thèse que l'homme descendrait du singe ou de quelque autre animal. »

Enfin il ajoutait ces paroles :

« Toute tentative que nous ferons de transformer nos problèmes en articles de doctrine, de poser nos conjectures comme bases d'enseignement, la tentative notamment de nous mettre à la place de l'Église et de remplacer sans plus de formalités ces dogmes par la religion de la descendance par transformisme, eh bien! messieurs, toute tentative de ce genre doit forcément échouer, et en échouant, *entraîner les plus grands dangers pour la situation de la science elle-même* (1). »

Ainsi donc, c'est Virchow qui le dit, en s'opposant à la diffusion de toute doctrine scientifique insuffisamment démontrée, c'est la science elle-même qu'on défend et qu'on sert.

Mon dessein est d'entrer dans cette voie et de mettre en évidence cette proposition :

Nos connaissances en physiologie n'autorisent personne à dire que l'âme aujourd'hui n'a plus de raison d'être et que le cerveau suffit à expliquer les phénomènes psychiques.

Pour cela j'exposerai impartialement l'état de la science, et laisserai au lecteur le soin de tirer lui-même la conclusion.

I.

État de nos connaissances en 1873. — Jusqu'à ces dernières années on n'a, à proprement parler, rien su des fonctions du cerveau. Toutes les notions acquises se résumaient dans cette proposition :

La manifestation de l'intelligence est liée à l'existence du cerveau, son étendue est, jusqu'à un certain point, proportionnelle au volume et au poids de cet organe.

On savait en outre que, dans un certain nombre de cas, des lésions du cerveau avaient entraîné une perte ou une perversion de l'intelligence, mais que plus souvent encore

(1) Toutes les citations qui précèdent sont extraites d'une traduction publiée par M. Emm. Cosquin dans *le Français* du 29 avril 1878.

des lésions très étendues avaient longtemps persisté sans que les facultés intellectuelles fussent nullement atteintes.

Il ne faut pas croire qu'on n'eût fait de grands efforts pour porter la lumière dans ce chaos : des physiologistes comme Flourens, Magendie, Longet, Bouillaud, des aliénistes comme Esquirol, Foville, Calmeil, Baillarger etc., avaient consacré leurs veilles à l'étude de ces questions; mais ils étaient arrivés à des résultats incertains et contradictoires, si bien que les auteurs classiques les plus récents en sont encore réduits à énumérer, les unes à la suite des autres, les opinions des divers expérimentateurs.

Parmi les physiologistes qui se sont plus particulièrement occupés de déterminer les fonctions des diverses parties de l'encéphale, la première place appartient incontestablement à Flourens. C'est lui qui le premier, pendant des années, poursuivit ses expériences sur les pigeons, les lapins, les cochons d'Inde, les chiens etc. A chacun il enlevait, successivement et couche par couche, les diverses parties de l'encéphale et notait exactement les troubles survenus. De toutes ces expériences, dans le détail desquelles je ne puis entrer, il avait tiré les conclusions suivantes, que Longet transcrivait encore, en 1873, dans son traité de physiologie, comme exprimant l'état de la science :

« 1° On peut retrancher, soit par devant, soit par derrière, soit par en haut, soit par le côté, une portion assez étendue des lobes cérébraux sans que leurs fonctions soient perdues. Une portion assez restreinte de ces lobes suffit donc à l'exercice de leurs fonctions. »

» 2° A mesure que ce retranchement s'opère, toutes les fonctions s'affaiblissent et s'éteignent graduellement; et passé certaines limites elles sont tout à fait éteintes. Les lobes cérébraux concourent donc par tout leur ensemble à l'exercice plein et entier de leurs fonctions. »

» 3° Enfin, dès qu'une perception est perdue toutes le sont; dès qu'une faculté disparaît toutes disparaissent. Il n'y a donc pas de siéges divers pour les diverses facultés,

ni pour les diverses perceptions. La faculté de percevoir, de juger, de vouloir une chose, réside dans le même lieu que celle d'en percevoir, d'en juger, d'en vouloir une autre, et conséquemment cette faculté, essentiellement une, réside essentiellement dans un seul organe » (1).

En un mot : c'est par le cerveau que se manifeste l'activité intellectuelle, mais on ne peut dire où siége telle ou telle faculté ni comment elle entre en exercice.

Il y a plus, ce n'est pas seulement pour localiser la faculté la plus noble du système nerveux que les physiologistes étaient impuissants, ils ne l'étaient pas moins pour la localisation des propriétés les plus élémentaires; ainsi on ne pouvait dire si telle partie du cerveau était destinée à recevoir les impressions sensitives ou si elle était le point de départ d'incitations motrices; aujourd'hui encore, malgré les grands progrès accomplis, pour bien des points la même incertitude existe. Combien nous sommes loin de l'audacieuse affirmation des matérialistes, qui depuis longtemps n'hésitent pas à enseigner que l'étude attentive du cerveau nous révèle le mécanisme de la pensée!

Cette lacune de nos connaissances n'était pas une gêne seulement pour les physiologistes, elle mettait dans un grand embarras les cliniciens; on ne saurait croire, en effet, combien étaient malheureux, il y a vingt ans, les médecins mis aux prises avec une maladie du système nerveux. Ils en savaient à peine plus que les gens du monde et les plus habiles arrivaient, dans les cas heureux, à distinguer une maladie de la moelle d'une maladie du cerveau et à déterminer, dans ce dernier cas, si la lésion siégeait à droite ou à gauche. Leur science se bornait là. Il n'en est plus ainsi heureusement, et aujourd'hui un médecin instruit peut, presque toujours, distinguer les affections cérébrales des affections médullaires et, pour ces dernières, le diagnostic peut

(1) Flourens. Recherches expérim. sur les propriétés et les fonctions du système nerveux, p. 99.

être d'une singulière précision. C'est au concours de l'anatomie, de la physiologie expérimentale et de la clinique que l'on doit ces précieux résultats ; l'effort actuel tend à appliquer la même méthode à l'étude du cerveau, et déjà nous commençons à recueillir les fruits de cette association.

Toutes les fois qu'une partie quelconque de la pulpe cérébrale est brusquement détruite, que cette destruction résulte d'une hémorrhagie, d'une embolie, d'un traumatisme, il y a une perte subite de connaissance avec suspension de toute activité apparente du système nerveux central (apoplexie). Quand le sujet revient à lui, et même pendant qu'il est plongé dans le coma on remarque qu'une moitié du corps est paralysée (hémiplégie). L'expérience a depuis longtemps montré que la paralysie porte presque toujours sur le côté opposé à la lésion, et l'anatomie, en nous enseignant qu'au niveau du bulbe les fibres nerveuses s'entrecroisent, de manière à ce que celles qui vont se distribuer au côté droit du corps soient en rapport avec la moitié gauche du cerveau et inversement, nous a donné la clé de ce phénomène.

Voilà ce qu'on savait, mais on ignorait pourquoi l'hémiplégie est tantôt définitive tantôt transitoire, pourquoi elle est tantôt complète, tantôt limitée, pourquoi elle porte le plus souvent sur le mouvement seul, tandis que quelquefois elle porte aussi sur la sensibilité, de sorte que le malade a en même temps, une hémiplégie et une hémi-anesthésie, pourquoi enfin, à ces troubles fondamentaux s'en joignent d'autres inconstants, tels que contractures, mouvements choréiques, troubles trophiques, etc.

Il est surtout un accident qui complique souvent l'hémiplégie et qui a pendant bien longtemps mis en défaut la sagacité des physiologistes et des cliniciens. Je veux parler de l'*aphasie*. On désigne sous ce nom la perte de la faculté d'expression par le langage. Ce symptôme singulier ne se constate le plus souvent qu'après l'attaque apoplectique. Lorsque le malade revient à lui, qu'il a recouvré la connaissance, on s'aperçoit qu'il ne peut parler. Il meut ses lèvres

et sa langue, prononce même des mots, mais ces mots n'ont pas de sens ou ne se rapportent pas à l'objet qu'il veut désigner. Quelquefois il n'a qu'un mot ou deux qu'il applique à tous les objets, d'autres fois il n'en prononce spontanément aucun mais est capable de les répéter tous après qu'on les a prononcés devant lui, enfin dans un certain nombre de cas il les altère en supprimant une syllabe du commencement ou de la fin, ou bien en ajoutant à tous une terminaison bizarre et uniforme.

Cette perte de la parole coïncide, dans certains cas, avec la perte de la faculté d'expression par l'écriture; le malade ne peut rien écrire, ou bien il écrit toujours les mêmes mots, ou bien il les altère tous, enfin, de même que l'appareil vocal peut répéter les mots qui viennent d'être prononcés, la main peut reproduire ceux que l'œil voit écrits devant lui. Dans d'autres cas la faculté d'expression par l'écriture est intacte, tandis que la faculté d'expression par le langage est perdue.

Par ce rapide exposé on voit que les médecins étaient aussi intéressés que les physiologistes à ce que la lumière se fît sur ces difficiles questions; tandis que ces derniers avaient à décrire les fonctions de chacun des nombreux départements qui constituent l'encéphale, parce que c'est leur rôle de décrire le jeu normal des organes, les autres avaient besoin de connaître les fonctions pour découvrir, derrière leurs troubles, les lésions cachées qu'ils ont la mission de guérir. L'alliance de ces deux groupes de chercheurs a rapidement donné des résultats vainement poursuivis par les physiologistes purs. Ce sont ces résultats que je voudrais exposer, sans oublier toutefois pour quel public j'écris et sans entrer dans des détails trop techniques. Je serai néanmoins obligé, pour donner une idée de la méthode et pour être compris, de faire appel à l'anatomie, à la physiologie expérimentale et à la pathologie; car c'est à ces trois sources que prend naissance la physiologie humaine.

II.

Constitution du système nerveux. — Avant de parler du cerveau en particulier, je dois donner quelques notions très brèves sur l'anatomie et la physiologie du système nerveux en général. Cette introduction est indispensable pour comprendre les faits dont j'aurai à parler dans la suite de ce travail.

Trois éléments suffisent à la constitution si complexe du système nerveux : ce sont les *cellules*, les *tubes nerveux* et les organes nerveux périphériques (papilles, plaques motrices, etc.).

Les *cellules* sont de petits corps (1 à 8 cent. de mill.) composés d'une masse de protoplasma finement granulée dans laquelle on distingue un noyau sphérique et un nucléole très apparent. Elles sont étoilées à branches plus ou moins nombreuses, une de ces branches va se continuer avec un tube nerveux, les autres se subdivisent et se ramifient pour s'anastomoser avec les ramifications des cellules voisines. Suivant le nombre de leurs prolongements les cellules sont dites *unipolaires*, *bipolaires*, *multipolaires*.

Les *fibres* ou *tubes nerveux* (9 à 20 mill. de mill.) se composent de trois parties : 1° une membrane d'enveloppe mince dite *gaîne de Schwann ;* 2° une substance médullaire, *myéline*, assez semblable à de la graisse; 3° un cordon central très mince, *cylindre-axe*.

Les *organes nerveux périphériques* (papilles, plaques motrices, etc.) situés entre les surfaces sensibles et les nerfs sensitifs, entre les muscles et les nerfs moteurs, sont plus ou moins comparables à des cellules nerveuses et présentent souvent une structure et une conformation toutes spéciales. On les retrouve dans les principaux sens (rétine, corpuscules du tact, organe de Corti de l'oreille, etc.) et dans les plaques terminales des nerfs moteurs.

C'est avec ces éléments, diversement combinés, que sont

constitués les nerfs, la moelle, le cerveau et les organes des sens. Chacun a ses attributions parfaitement définies :

Les *tubes* sont conducteurs des impressions sensitives et des excitations motrices, sécrétoires ou autres ;

Les *cellules* reçoivent les impressions et les transforment ;

Les *organes nerveux périphériques* peuvent être considérés comme de véritables commutateurs : les sensitifs convertissent les vibrations de l'air en impressions auditives, les vibrations de l'éther en impressions lumineuses, etc., les moteurs font d'une excitation centrifuge une excitation motrice, sécrétoire, trophique, etc. (1).

Les tubes associés par du tissu conjonctif constituent, à eux seuls, les nerfs ; la moelle et le cerveau comprennent des tubes (substance blanche) et des cellules (substance grise).

Les *nerfs* sont des cordons blancs plus ou moins volumineux en rapport par une de leurs extrémités avec la moelle ou l'encéphale et par l'autre avec un des organes nerveux périphériques. Ils ne se distinguent pas les uns des autres par la structure ; la diversité de leurs fonctions est déterminée par leur point de départ et leur point d'arrivée. Ils se

(1) Ces trois éléments sont indispensables à la manifestation nerveuse ; l'expérimentation physiologique et la clinique le prouvent tous les jours.

Certains empoisonnements (saturnisme), certaines névroses (hystérie), l'action simple du froid, suppriment la sensibilité périphérique en agissant sur les papilles nerveuses.

La section, la contusion, la compression des nerfs suppriment aussi la sensibilité, les papilles et les centres étant intacts.

Le même résultat est obtenu par un trouble circulatoire ou nutritif des centres (cerveau ou moelle), les nerfs et les papilles étant respectés.

On utilise ces connaissances en thérapeutique : l'anesthésie locale, par la glace ou la vaporisation de l'éther, a pour but de suspendre l'action des papilles, l'anesthésie générale, par le chloroforme ou l'éther, de suspendre l'action du cerveau. Dans les deux cas on arrive à l'insensibilité de la partie sur laquelle on veut agir.

L'étude des paralysies expérimentales ou cliniques prouve que la même solidarité d'action existe entre tous les éléments qui constituent l'appareil moteur (centre, nerf, plaque motrice).

divisent en sensitifs, moteurs et mixtes. On pourrait multiplier les dénominations, mais cela n'importe pas pour le sujet que je traite.

La *moelle* a la forme d'un cordon légèrement aplati d'avant en arrière, s'étendant depuis l'extrémité inférieure du canal vertébral jusqu'à la base du crâne où elle est couronnée par un renflement appelé bulbe. Sur la ligne médiane, en avant et en arrière, elle présente un sillon assez profond qui la divise en deux moitiés subdivisées elles-mêmes en trois faisceaux ou cordons désignés, suivant leur siége, sous les noms d'*antérieur, latéral* et *postérieur*. De chaque côté naissent, par deux racines, trente-deux nerfs qui sont l'origine de tous les nerfs du tronc.

Sur une coupe transversale de la moelle on voit que le centre est gris et la périphérie blanche. Le centre gris a la forme de deux croissants réunis par leur partie convexe et offrant deux cornes antérieures et deux postérieures. A chacune de ces cornes aboutit une des racines des nerfs. L'examen microscopique montre que le centre gris est composé de cellules nerveuses et la partie blanche périphérique, divisée en faisceaux, de tubes nerveux réduits à leur cylindre-axe.

Ainsi donc colonne continue de substance grise (cellulaire) au centre, faisceaux de substance blanche (fibreux) à la périphérie, entre les cordons antérieurs et les cordons latéraux racines antérieures des nerfs, entre les cordons latéraux et les cordons postérieurs, racines postérieures, telle est la moelle où il sera aisé, d'après ce que j'ai dit précédemment des cellules et des fibres, de distinguer les régions actives des régions conductrices.

Le *cerveau* est constitué par deux hémisphères identiques quant à leur structure.

Chacun de ces hémisphères est recouvert d'une couche continue de substance grise; leur surface est divisée par des sillons, les uns constants, les autres variables. Trois sillons méritent d'être mentionnés; ce sont :

La *scissure de Sylvius* dirigée de bas en haut et d'avant

en arrière, le *sillon de Rolando* dirigé un peu obliquement de haut en bas et d'arrière en avant, et la *scissure postérieure* ou *perpendiculaire externe* qui, chez l'homme, est à peine indiquée. Ces trois sillons limitent, à la surface externe des hémisphères, quatre régions appelées l'antérieure frontale, la moyenne pariétale, la postérieure occipitale et l'inférieure sphénoïdale.

La partie centrale du cerveau est formée par une masse de substance blanche dans laquelle sont creusées deux cavités (*ventricules*) où apparaissent comme enclavées deux masses de substance grise (*couches optiques et corps striés).*

Voyons maintenant quelles connexions existent entre les nerfs, la moelle et le cerveau.

Chaque nerf est en rapport avec un segment de la moelle par ses deux racines, l'une par laquelle arrivent les impressions sensitives (postérieures), l'autre par laquelle partent les incitations motrices (antérieures).

Chaque segment de la moelle est en rapport avec les régions supérieures par l'intermédiaire des faisceaux blancs antérieurs, latéraux et postérieurs, et enfin la moelle elle-même et tous les organes qu'elle représente ont des connexions avec le cerveau. — Au niveau du bulbe les faisceaux médullaires s'entrecroisent, ceux de droite passent à gauche ceux de gauche passent à droite (ainsi s'explique la paralysie droite à la suite de lésions de l'hémisphère gauche et inversément). Ces faisceaux entrecroisés, grossis des fibres provenant du cervelet et de la protubérance, constituent les pédoncules cérébraux.

On donne ce nom aux cordons comprenant toutes les fibres nerveuses qui de la périphérie se rendent à un point quelconque du cerveau et celles qui du cerveau se rendent à un point quelconque de la périphérie. C'est par là que passent toutes les impressions et toutes les excitations. Il importe donc, au plus haut point, de savoir comment se distribuent les fibres centripètes des pédoncules et d'où viennent les fibres centrifuges. Sur ce sujet les anatomistes se divisent et

comme leurs divergences se traduisent en physiologie, je crois devoir insister sur ce point. La distribution décrite par M. Luys, sur laquelle repose sa physiologie et même sa philosophie, peut se résumer ainsi :

Toutes les fibres *afférentes*, centripètes ou sensitives, des pédoncules qui rapportent au cerveau les impressions reçues par les différentes parties du corps, aboutissent aux *couches optiques* dans lesquelles existent quatre centres qui reçoivent:

Le *centre antérieur*, les fibres du nerf olfactif;

Le *centre moyen*, les fibres du nerf optique;

(*Les fibres olfactives et optiques ne font pas partie des pédoncules*).

Le *centre postérieur*, les fibres du nerf acoustique;

Le *centre médian*, les fibres du faisceau postérieur de la moelle.

De ces différents centres partent les fibres convergentes supérieures qui rayonnent dans tous les sens et arrivent dans les circonvolutions cérébrales aux petites cellules, formant la couche externe de la substance grise corticale (1).

De ces petites cellules partent des fibres appelées *commissurantes*, qui des petites cellules d'un hémisphère se portent aux grosses cellules congénères de l'hémisphère du côté opposé et s'entrecroisent sur la ligne médiane pour former le corps calleux, la commissure antérieure et la lyre.

Des grosses cellules corticales qui ont reçu les fibres commissurantes partent des fibres *efférentes* (cortico-striées) qui se rendent au corps strié *extra-ventriculaire*.

A leur sortie du corps strié, ces fibres constituent les fibres *efférentes*, centrifuges et motrices des pédoncules, et représentent les nerfs du mouvement qui portent la volonté à toutes les parties du corps.

(1) La substance grise corticale présente à la coupe plusieurs couches, parmi lesquelles je dois mentionner la plus superficielle, composée de petites cellules (sensitives ?) et une autre plus profonde comprenant de grosses cellules (motrices ?).

Le système nerveux, ainsi conçu, peut être comparé à la télégraphie électrique.

Comme pour la télégraphie, toutes les dépêches (*impressions)* arrivent à l'administration centrale (*cerveau)* par des myriades de fibrilles (*nerfs et cordons de la moelle)* qui de toutes les parties du corps aboutissent à un centre commun, appelé *couche optique* (bureau d'arrivée).

De la couche optique partent de nombreuses fibres (fibres rayonnantes) qui la mettent en rapport avec les petites cellules corticales, cellules dont l'ensemble constitue la partie active du cerveau, l'organe d'appréciation.

Dans ces cellules, que l'on peut comparer aux employés, *la dépêche* est analysée, et portée par les *fibres commissurantes* dans les grosses cellules corticales composant la couche interne de l'hémisphère du côté opposé.

Après cette dernière épreuve, la dépêche est portée par les *fibres efférentes* dans le corps strié, noyau extra-ventriculaire *(bureau de départ)*, d'où elle est expédiée aux organes sous forme de volonté par les fibrilles motrices des nerfs.

« On voit, par ce simple aperçu physiologique, dit M. Luys, combien les deux noyaux centraux opto-striés jouent un rôle prépondérant dans les phénomènes de l'activité cérébrale, et combien chacun d'eux a une manière d'agir complétement différente. »

« Les éléments des couches optiques épurent, transforment, par leur action métabolique (?), les ébranlements irradiés du dehors qu'elles lancent, en quelque sorte, sous une forme *spiritualisée*, vers les différentes régions de la substance corticale. Les éléments du corps strié, au contraire, ont une influence inverse sur les incitations parties de ces mêmes régions de la substance corticale. Ils les absorbent, les condensent, les *matérialisent* par leur intervention propre et, sous une forme nouvelle, après les avoir amplifiées et incorporées de plus en plus avec l'organisme, les projettent vers les différents noyaux moteurs de l'axe spinal, où

elles deviennent ainsi une des stimulations multiples destinées à mettre en jeu la fibre musculaire (1). »

Cette distribution si simple et la physiologie qui en est la conséquence sont loin d'être adoptées; jusqu'ici elles ne sont acceptées que par les philosophes systématiques et les gens du monde; quant aux anatomistes et aux médecins ils ne leur reconnaissent même pas la valeur d'une hypothèse, tant les faits qui les infirment sont nombreux.

Non-seulement, en effet, la preuve directe de cette distribution des fibres n'est pas faite, mais même des observations très sévèrement conduites la contredisent; ainsi Meynert, dont les idées sur la texture du cerveau sont généralement reçues, décrit des fibres directes se rendant des pédoncules à la substance corticale et réciproquement. Ce seul fait suffirait pour ruiner le système de M. Luys, mais il y en a bien d'autres, empruntés à la physiologie expérimentale et à la clinique, qui démontrent que toute sensation n'est pas supprimée par la destruction des couches optiques ni tout mouvement par la désorganisation des corps striés, ce qui devrait être si le système avait quelque fondement.

Je ne m'arrêterai donc pas à cette opinion et, à l'exemple de Meynert, Huguenin, Charcot, etc., j'avouerai que la distribution des fibres est jusqu'ici imparfaitement connue et ne peut, à elle seule, servir de base à la physiologie; toutefois, comme il est infiniment probable que, outre les fibres qui vont des pédoncules aux noyaux optiques et des corps striés aux pédoncules, il y a des fibres qui vont directement à la couche corticale ou qui en viennent, je me servirai de cette hypothèse pour expliquer un certain nombre de faits qui sans cela seraient incompréhensibles.

Après ces notions anatomiques je vais essayer, dans le chapitre suivant, de résumer la physiologie.

(1) Luys, *Le cerveau et ses fonctions*, 2e éd., p. 45.

III.

Actions réflexes. — De même qu'avant d'étudier l'anatomie du cerveau j'ai cru utile de parler des éléments anatomiques qui le constituent, avant de parler de sa physiologie j'étudierai l'action réflexe qui est l'acte nerveux élémentaire (1).

(1) La moelle n'est pas seulement *centre d'innervation*, elle peut être considérée aussi comme *organe de transmission*. J'aurais été entraîné beaucoup trop loin si j'avais voulu l'étudier à ce point de vue, c'est pourquoi je l'ai omis; je ne puis cependant me dispenser de résumer ce qu'on sait à ce sujet :

La distinction des cordons médullaires en sensitifs et moteurs a été soupçonnée par Galien et Boerhave, mais elle n'a été démontrée qu'au commencement de ce siècle. Ch. Bell et Magendie s'en disputent la gloire. Longet soutient les titres de l'anatomiste anglais, Cl. Bernard et Vulpian ceux du physiologiste français. Les premiers travaux, expériences, leçons orales et publications de Ch. Bell, dateraient de 1811 et 1821 tandis que ceux de Magendie sont de 1822. Il ne les aurait même publiés qu'après avoir eu des rapports avec Shaw, élève et parent de Ch. Bell. D'après cette version, empruntée à Longet, les titres de l'auteur anglais ne seraient pas douteux.

D'après Cl. Bernard et Vulpian, jusqu'après 1822 Ch. Bell n'aurait pas démontré, et peut-être même pas soupçonné, la distinction des nerfs rachidiens en nerfs moteurs et nerfs sensitifs. Ses expériences ou plutôt ses recherches anatomiques avaient bien pour but d'établir que les racines antérieures et les racines postérieures ont une origine et des fonctions différentes, mais ce ne sont pas celles qu'on leur attribue depuis Magendie : les racines antérieures, en rapport avec le cerveau par l'intermédiaire des cordons antérieurs de la moelle, seraient conductrices de la motricité et de la sensibilité, tandis que les racines postérieures en rapport avec le cervelet transmettraient la nutrition et la vitalité.

La vraie cause qui a obscurci le débat est la passion aidée par la difficulté qu'ont eue tous les auteurs de se procurer le mémoire de 1811. Longet n'a eu qu'une reproduction de ce mémoire, différente de l'original.

Pour étudier les fonctions de la moelle on met à nu, sur un animal préalablement chloroformé et solidement attaché, cet organe. Cela fait, on a recours aux sections générales ou partielles et à des excitations diverses. Le résultat des excitations s'apprécie par les mouvements ou les cris que pousse l'animal; quelques expérimentateurs (Schiff) ont recours à l'examen de la pupille dont le diamètre varie suivant les cas; d'autres, introduisant un

Chez les animaux les plus simples il n'y a pas de système nerveux distinct, la cellule qui les constitue résume en elle

manomètre dans une artère, apprécient la sensibilité par les variations que subit la pression sanguine.

La première question que se soient posée les physiologistes est celle de savoir si les diverses parties de la moelle sont sensibles ou excitables. La réponse est loin d'être formelle.

Pour la substance grise, l'accord est à peu près complet, tous croient qu'elle est absolument inexcitable. Mais pour la *substance blanche* il n'en est plus de même : les uns, comme Van Deen, Chauveau, Brown-Sequard, croient qu'elle est inexcitable et que son excitabilité apparente lui vient des racines rachidiennes qui la traversent ; les autres, comme Vulpian, Fick, Schiff, etc., croient qu'elle a une excitabilité propre, indépendante de ces racines. Les mêmes expériences sont invoquées par divers auteurs, les résultats ayant varié suivant la main qui les obtenait.

La *seconde question* est relative au rôle de la moelle dans la transmission des impressions sensitives et des excitations motrices. J'ai dit plus haut que cette question fut pour la première fois résolue par le physiologiste français Magendie. Pour lui les cordons antérieurs étaient plus *particulièrement* moteurs et les postérieurs plus *particulièrement* sensitifs. Après lui ces restrictions furent abandonnées, malgré les observations contraires de Bellingeri, Fodéra, Calmeil, et les faisceaux antérieurs considérés comme moteurs tandis que les postérieurs étaient sensitifs. En 1841 les expériences de Longet vinrent donner une base qui semblait incontestable à cette opinion. Depuis, les conclusions de Longet ont été combattues, et même sur certains points annulées, et les travaux de Van Deen, Stilling, Brown-Sequard et Schiff sont venus confirmer les expériences de Bellingeri, Fodéra et Calmeil. Je crois devoir donner un résumé de ces travaux et, pour plus de clarté, j'étudierai successivement la transmission des impressions sensitives et celle des incitations motrices.

Toute impression produite à la périphérie aboutit à la moelle, et de là est transmise au cerveau. Quelle est la partie de la moelle qui sert à cette transmission? L'anatomie ne nous donne aucune lumière, les rapports des racines postérieures avec les faisceaux et avec les cellules étant trop obscurs. C'est à l'expérience qu'il faut s'adresser. Longet, s'appuyant sur les faits, n'hésite pas à répondre que les cordons postérieurs sont les conducteurs de la sensibilité ; mais des expériences fort bien faites montrent qu'au contraire, la transmission se fait par la substance grise de la moelle.

Si sur un animal on sectionne les cordons postérieurs on remarque que la sensibilité cutanée n'est pas abolie dans les parties situées au-dessous de la section, dans quelques cas même M. Brown-Sequard a observé une hyperesthésie.

toutes les propriétés et accomplit toutes les fonctions : c'est elle qui sent, c'est elle aussi qui, sans intermédiaire, sous

Si, après la section des cordons postérieurs, on sectionne encore les cordons latéraux, on remarque, comme dans le cas précédent, que la sensibilité est conservée.

Enfin si on sectionne aussi les cordons antérieurs, de sorte qu'il ne reste que la partie grise, la sensibilité persiste encore.

Ces expériences permettent de dire que la substance grise suffit à la transmission des impressions sensitives ; peut-on aller plus loin et dire que c'est la seule voie par laquelle ces impressions se transmettent ? De nombreux faits expérimentaux sont invoqués en faveur de cette opinion mais, aucun n'est suffisamment incontesté pour qu'elle soit considérée comme démontrée.

Je n'examinerai pas si la transmission se fait de bas en haut, si elle est directe ou croisée, ni s'il existe des cordons nerveux particuliers pour la transmission de chaque espèce de sensation. Ces questions m'entraîneraient beaucoup trop loin, et je ne pourrais du reste donner une solution précise. Me bornant donc à résumer les faits admis par tous les expérimentateurs, je dirai : la conduction des impressions sensitives se fait dans la moelle, surtout par la substance grise.

Je m'arrêterai moins sur la transmission motrice, les auteurs s'accordant généralement sur ce point. Je me bornerai donc à dire qu'elle se fait par les *cordons antéro-latéraux* et aussi par la substance grise.

A quoi servent donc les *cordons postérieurs ?*

Ils doivent être considérés principalement comme composés de fibres longitudinales commissurales, reliant, par un trajet en arc, les divers étages de l'axe gris de la moelle. Cependant des travaux récents (Schiff, Sappey et Mathias Duval) permettent de croire que les cordons postérieurs possèdent encore des fibres conductrices de la *sensibilité tactile.*

La moelle ne se borne pas au simple rôle de conducteur, elle est aussi génératrice de mouvements. C'est à l'axe gris qu'elle doit cette fonction que j'étudie plus haut à propos des mouvements réflexes. J'ajouterai cependant sur cet important sujet quelques détails complémentaires. On donne le nom de mouvements réflexes aux mouvements qui succèdent aux sensations sans l'intervention de la volonté.

Découverts par Prachaska (1784), étudiés par Legallois (1812), Lallemand (1818), Fodéra (1823), Herbert Mayo (id.), Flourens (1822), Calmeil (1828), Marshall-Hall et J. Müller (1833), Longet, Brown-Sequard, Schiff, Vulpian, etc.

Cinq choses sont indispensables pour la production d'un mouvement réflexe :

1° Une surface d'impression ;

2° Un conducteur pour la transmettre ;

la stimulation que produit en elle la sensation, accomplit les actes les plus variés. A un degré plus élevé apparaît un système nerveux rudimentaire comprenant un ganglion, qui

3° Un centre pour la recevoir et la transformer en excitation motrice ;

4° Un conducteur de l'excitation;

5° Un muscle pour la traduire.

Toutes les impressions sensitives peuvent être le point de départ d'actes réflexes, tous les actes vitaux (de la vie animale ou de la vie organique) peuvent être produits par réflexion.

a. — Des mouvements réflexes peuvent être produits dans des muscles de la vie animale par l'excitation d'un nerf de la vie animale. — Exemp. Homme paraplégique : la moelle étant intacte, les mouvements réflexes peuvent se produire, tremblement déterminé par une forte douleur, etc.

b. — Des mouvements réflexes des muscles de la vie animale peuvent être provoqués par l'irritation des nerfs centripètes de la vie organique. — Ex. Accès convulsifs, provoqués par la présence d'helminthes, — vomissement, parturition, etc.

c. — Des mouvements réflexes des muscles de la vie organique peuvent être provoqués par l'irritation des nerfs centripètes de la vie animale. — Ex. Excitation un peu violente de la peau amenant des contractions vésicales, — irritation de la peau modifiant les battements du cœur, froid amenant la contraction des bulbes pileux, etc.

d. — Des mouvements réflexes des muscles de la vie organique peuvent être provoqués par une irritation des nerfs centripètes de la vie organique. — Ex. Contraction cardiaque sous l'influence du sang; contraction de la vessie, contraction de l'estomac ou de l'intestin, etc.

Certaines causes augmentent l'excitabilité réflexe de la moelle (décapitation, strychnine, brucine, congestion, inflammation, etc.) d'autres la diminuent (bromure de potassium, chloral, chloroforme, etc.). L'anémie qui *a priori* aurait pu être rangée parmi les causes qui diminuent l'excitabilité réflexe, mérite au contraire d'être placée parmi les causes qui l'augmentent. C'est ce qui explique les convulsions, si fréquentes après les grandes hémorrhagies. L'anatomie permettait de prévoir, ce que l'expérience a montré, que chaque segment de la moelle correspond à un organe ou à un appareil et tient sous sa dépendance sa sensibilité et son activité. Cela est vrai pour les membres, la vessie, l'intestin, l'appareil respiratoire, etc. si bien que la moelle peut être considérée, non comme un centre unique, mais comme une superposition de centres subordonnés, d'autant plus rapprochés du cerveau qu'ils sont plus indispensables à la vie. Cette découverte de centres particuliers, nettement définis, dans la moelle, n'a pas peu contribué à inspirer la recherche de centres particuliers dans l'encéphale.

est le centre, et deux tractus; l'un aboutissant à la surface cutanée, destiné à percevoir le monde extérieur, l'autre aboutissant à un appareil contractile.

Ce système nerveux nous donne une idée fort nette de l'action réflexe qui comprend essentiellement trois faits :

L'impression sur un point quelconque du corps;

La réflexion au niveau du centre;

La contraction musculaire.

Sur cet animal si simple où la même cellule accomplit tous les actes, le système nerveux avec un cordon centripète, un ganglion et un cordon centrifuge, devra suffire à la variété déjà très grande des impressions que l'animal peut éprouver et à la multiplicité des actes qu'il doit accomplir. A mesure que l'animal s'élève dans l'échelle des êtres, les organes se spécialisent, le travail se divise et le système nerveux qui est le grand agent d'unification se complique : les cordons se multiplient, les centres s'accroissent, se superposent, se hiérarchisent et le fonctionnement de ce grand système organique n'est pas moins harmonieux que chez les êtres où il est réduit à une simple cellule. Les grands vertébrés, l'homme surtout, nous offrent un bel exemple de cet admirable fonctionnement que l'action réflexe suffit à expliquer.

Chez l'animal supérieur, chez l'homme comme chez l'être rudimentaire, dont je parlais tout à l'heure, il y a : l'impression périphérique transmise au centre qui est la moelle, la réflexion au niveau du centre, et l'accomplissement d'un acte en rapport avec l'intensité de l'impression reçue. Il est aisé de mettre en évidence sur une grenouille décapitée (1) le rapport qui existe entre l'intensité de l'impression et l'action qui en résulte. Si on pince un membre, ce membre se retire; si on le pince plus fort, au lieu d'une contraction limitée au membre atteint, l'autre membre du même côté se contractera; si enfin l'excitation est plus intense, les membres

(1) L'étude de l'activité réflexe de la moelle est plus facile sur un animal dont la moelle n'est plus en rapport avec le cerveau.

de l'autre côté participent à la contraction. L'expérience peut être faite chez des animaux vertébrés dont la moelle a été sectionnée et donne les mêmes résultats; elle peut être faite aussi, dans certains cas pathologiques, chez l'homme. Chez un paraplégique, par exemple, dont le segment inférieur de la moelle est intact, si on pince légèrement un pied, la jambe entrera en contraction; si le pincement est plus fort, les deux membres inférieurs pourront se contracter.

Il est aisé de comprendre la réflexion sur une cellule; peut-on comprendre aussi facilement l'extension de cette réflexion? Il suffit pour cela de se rappeler ce que j'ai dit des cellules nerveuses : elles sont presque toutes multipolaires, c'est-à-dire que, tandis qu'elles ont un prolongement qui les met en rapport avec un tube nerveux, elles en ont d'autres qui les mettent en rapport avec les cellules voisines de telle sorte que l'impression sensitive, transmise d'abord à une seule cellule, peut de là s'étendre et même se généraliser. Ce premier fait de l'extension de l'impression sensitive au delà de la sphère où elle a été primitivement transmise, a une très grande importance en physiologie et en pathologie.

Il n'y a pas que l'énergie de l'excitant qui puisse augmenter l'intensité des contractions, il y a l'augmentation de l'activité réflexe de la moelle. Ainsi dans certains empoisonnements, par exemple l'empoisonnement par la strychnine, l'excitabilité réflexe de la moelle s'accroît, et la résistance à l'irradiation diminue, de sorte qu'une dose d'irritation qui, à l'état normal, ne provoquerait qu'une action musculaire limitée suffit pour provoquer des spasmes réflexes généraux. La séparation de l'axe médullaire d'avec l'encéphale agit dans le même sens.

Jusqu'ici je ne me suis occupé que du fait général de l'action réflexe et de quelques-unes des conditions de sa manifestation. Je voudrais étudier plus particulièrement le caractère des phénomènes ainsi produits.

L'excitation ne produit pas de simples contractions musculaires sans but précis; elle produit dans quelques cas des

mouvements de défense ou de préservation; ainsi, sur une grenouille décapitée, si on pince un orteil la jambe se fléchit ou se retire, et si l'irritant est appliqué à la région anale, des mouvements appropriés des deux jambes se produisent pour l'écarter.

Les expériences rapportées par Pflüger sont encore plus étonnantes :

Quand on place une goutte d'acide acétique sur la cuisse d'une grenouille décapitée, la patte du même côté s'élève et essaye d'essuyer l'endroit irrité. Si l'on coupe la patte, l'acide étant appliqué comme précédemment, l'animal répète les mêmes essais, mais, ne pouvant atteindre le point irrité avec son moignon, lève l'autre patte, après quelques instants d'indécision et d'agitation apparentes, et essaye de déplacer l'agent irritant.

Ce fait a amené certains physiologistes à admettre la participation de la moelle aux phénomènes psychiques. Ils ont considéré cette adaptation comme le résultat d'un véritable jugement, et ils en ont conclu que les hémisphères cérébraux n'auraient pas seuls le privilége de la conscience.

Cette conclusion est importante et mérite d'être examinée, car ce n'est pas un des moindres arguments invoqués contre l'existence de l'âme et contre l'unité de la vie. Avant de la discuter je cite encore l'expérience d'Awerbach, plus complexe encore que celle de Pflüger.

On ampute la cuisse d'une grenouille décapitée, et on met une goutte d'acide sur le dos du même côté; après quelques efforts pour atteindre le point irrité, la grenouille reste immobile. On place alors une goutte d'acide sur le dos, du côté non opéré; la grenouille frotte avec la patte du même côté, puis elle frotte le point irrité du côté opposé avec cette patte.

Cette expérience semble indiquer que :

1° La vie peut persister longtemps même après la suppression de l'encéphale;

2° Que la moelle seule suffit à percevoir les sensations et à les apprécier;

3° Qu'elle seule suffit pour provoquer les actes complexes en rapport avec ces sensations;

4° Qu'elle peut même substituer à ces actes, en rapport avec les sensations, d'autres actes analogues. Sensation, comparaison, jugement, détermination ne sont plus seulement le fait du cerveau, mais de la moelle.

Je ne m'occuperai pas de la persistance de la vie après la décapitation, cette question ne rentrant pas dans mon sujet, mais j'essayerai de donner une explication des autres phénomènes.

Les actes réflexes sont de deux ordres, les uns sont *conscients*, c'est-à-dire que l'individu qui les accomplit les connaît, d'autres sont *inconscients*. Comme exemple du premier genre je citerai : l'occlusion des paupières lorsque l'œil est subitement exposé à une lumière très vive ou le retrait brusque d'un membre piqué ou brûlé. Dans ces deux cas il y a perception de l'impression produite (sensation) et connaissance du mouvement accompli. Comme exemple du second genre je citerai l'œil qui passe d'un milieu moins éclairé dans un milieu plus éclairé. Le sujet peut constater le changement d'intensité de la lumière et la différence d'impression produite, mais la contraction de la pupille (acte réflexe) qui la suit lui échappe. Dans ce cas la sensation est perçue, mais l'acte réflexe est inconscient. D'autres fois, et l'impression et l'acte réflexe sont inconscients (présence du sang dans le cœur et contraction de cet organe).

Il ne faut pas croire que cette classification des actes réflexes soit absolue; telle sensation ou tel acte primitivement conscients peuvent devenir inconscients, et dans certains cas tel acte inconscient peut devenir conscient. Quelle difficulté n'a-t-on pas à apprendre au jeune enfant à se servir de ses jambes pour marcher et de ses mains pour saisir. Il faut des mois et presque des années pour faire l'éducation de ses muscles et de sa moelle, et il n'est pas trop de toute son attention, soutenue par l'attention maternelle, pour habituer ses groupes musculaires à se contracter synergiquement,

et les divers départements de la moelle à concourir au même acte. Pendant longtemps cet acte demeure un acte essentiellement volontaire. Voyez au contraire, lorsque l'éducation est achevée, l'enfant ou l'homme marchant : nulle attention n'est nécessaire, l'esprit peut être totalement absorbé par des occupations étrangères, lecture, conversation, réflexion, sans que les jambes s'embarrassent au milieu des mouvements complexes qu'elles doivent accomplir, elles sont prêtes à s'accommoder à toutes les combinaisons que réclament les accidents du terrain, l'accélération ou le ralentissement de la marche sans que le cerveau doive intervenir. Que s'est-il donc passé? Grâce à l'habitude, un acte primitivement conscient est devenu inconscient.

Que dirai-je de la parole? Est-il un acte plus complexe qui demande d'abord plus d'attention et qui plus tard, lorsque l'éducation est achevée, s'accomplit d'une façon plus automatique?

Je pourrais multiplier les exemples, mais ceux-là suffisent pour établir ce que je voulais démontrer. Quelle conclusion peut-on tirer de ces faits? Que ce n'est pas en elle-même que la moelle puise cette faculté d'adaptation qu'on lui attribue, elle la tient uniquement de l'éducation et, si elle peut s'exercer dans un grand nombre de cas sans contrôle, c'est un effet de l'habitude. Certains groupes musculaires, certains segments de la moelle sont habitués à concourir au même acte, cela suffit pour que, lorsqu'une excitation se produit, ils entrent en action sans que le cerveau intervienne; et cela n'est pas seulement vrai pour les actes qu'on peut considérer comme naturels, tels que la marche et la parole, cela est vrai de certaines combinaisons d'actes très artificiels et très complexes. Qui n'a admiré, par exemple, la facilité avec laquelle les pianistes exécutent sans attention les exercices les plus étonnants et qui ont nécessité pendant des années de persévérants efforts?

Ne tenons-nous pas là l'explication des faits invoqués par Pflüger et Awerbach? La moelle des grenouilles décapitées

se trouve dans des conditions analogues à celle de l'homme dont le cerveau est absorbé et demeure étranger aux actes que les membres accomplissent. Elle commande des mouvements que l'animal avait l'habitude d'exécuter (mouvements de fuite, mouvements de défense). Une curieuse expérience d'Onimus confirme cette interprétation. Cet observateur a constaté qu'au bout d'un certain temps la moelle séparée de l'encéphale perd le souvenir des actes qu'elle avait appris et ne peut plus les commander.

Il n'y a donc rien de vrai dans les facultés psychiques que certains auteurs ont très légèrement attribuées à la moelle. Il est seulement établi que cet organe est éducable, qu'il ne peut être éduqué que par l'intermédiaire du cerveau, et qu'il perd rapidement les facultés qu'il avait acquises, lorsqu'il en est séparé.

IV.

Je devrais, pour être complet, après avoir parlé de la moelle, dire un mot de la physiologie du bulbe et du cervelet. Le sujet est intéressant et mérite qu'on s'y arrête, mais le traiter m'obligerait à des développements que ne permet pas ce travail. Je résumerai donc, en quelques propositions très brèves, ce que nous en savons.

La substance grise de la *moelle allongée* a des fonctions de même ordre, mais plus relevées que la moelle épinière. Elle préside à certaines contractions musculaires coordonnées qui ne dépendent pas de la volonté et souvent n'arrivent pas à la conscience : ces actes sont la respiration, la déglutition, le cri, l'éternument, la toux, etc.

Si à la moelle allongée on ajoute la *protubérance annulaire*, en retranchant tout le reste de l'encéphale, les actes automatiques produits sont encore plus remarquables. Les animaux ainsi opérés poussent, quand on les pince, des cris plaintifs ayant l'expression véritable de la douleur. Un rat, auquel on a enlevé les hémisphères cérébraux, fait un brus-

que mouvement, si on s'approche de lui en imitant le souffle du chat en colère. Des chiens et des chats, privés des lobes cérébraux, et à qui on verse dans la gueule une décoction de coloquinte, font grimacer leurs lèvres comme pour se débarrasser d'une sensation désagréable. Si l'on y ajoute les *tubercules quadrijumeaux* on aura des sensations visuelles inconscientes. Un pigeon auquel on a enlevé les hémisphères cérébraux fait un mouvement de tête, comme pour éviter le danger qui le menace, quand on approche le poing de lui brusquement. Une expérience, faite la première fois par Longet, montre que le pigeon suit avec sa tête les mouvements qu'on fait exécuter à une lumière.

La fonction du *cervelet* paraît être de coordonner les mouvements voulus, ou excités par d'autres centres nerveux ; après son ablation, la volonté, les sensations, les perceptions subsistent ; seule, la coordination des mouvements ne peut plus se faire. Par quel mécanisme s'effectue cette coordination? Les physiologistes n'ont encore pu le déterminer.

Me voici, enfin, arrivé aux hémisphères cérébraux justement « considérés comme les centres des perceptions, des mouvements volontaires, d'une partie des actes instinctifs et des actes psychiques. » Ce chapitre aura spécialement pour objet d'exposer ce que nous savons de leur rôle. J'étudierai en même temps les fonctions des ganglions de la base (couches optiques et corps striés).

Des hémisphères cérébraux. — L'anatomie comparée, l'étude des races humaines et l'anatomie pathologique permettent d'affirmer qu'il y a un étroit rapport entre le développement des facultés intellectuelles et celui du cerveau. (Par cerveau il ne faut pas entendre ici l'encéphale entier, mais seulement les hémisphères cérébraux). « A mesure, dit Meckel (1), que les facultés intellectuelles se perfectionnent dans la série animale, et chez les divers individus d'une même espèce, on voit la masse cérébrale croître en haut,

(1) Meckel, *Man. d'anat.* Paris 1825, t. 1, p. 271.

en avant et sur les côtés, les hémisphères s'agrandir comparativement aux parties inférieures de l'encéphale, et le cerveau proprement dit grossir comparativement au cervelet. » Les études de M. Broca sur le volume comparatif du cerveau et celui du crâne (1), celles de Cuvier sur le poids de tout l'encéphale (2), de Desmoulins sur l'étendue des surfaces cérébrales (3), confirment cette proposition de Meckel, sans

(1) M. Broca dans un mémoire présenté en 1861 à la Société d'anthropologie (*Du volume et de la forme du cerveau suivant les individus et suivant les races*) donne les résultats suivants :

Le poids moyen du cerveau croît relativement dans les deux sexes d'une manière continue, de 20 à 40 ans ; il reste stationnaire ou à peu près de 40 à 50, pour décroître plus tard. Le cerveau de la femme, abstraction faite de la taille, est notablement plus petit que celui de l'homme, ce que démontre nettement le tableau suivant :

	Poids moyen.		En centièmes.	
	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes.
de 21 à 30 ans	1249	1341,53	100	107,4
31 à 40 ans	1262	1410.36	100	111,7
41 à 50 ans	1261	1391,41	100	110,3
51 à 60 ans	1236,13	1341,19	100	108,58
61 et au-delà	1203,43	1326,21	100	110,20

D'après le même auteur, il y aurait une différence notable quant au développement du crâne, et par conséquent du cerveau, chez les différents peuples de l'Europe, chez les Américains et surtout chez les nègres de l'Afrique. La capacité des crânes d'Européens serait de 1460 à 1530 centimètres cubes ; celle des nègres de l'Océanie descendrait à 1253, et celle des Australiens à 1228.

Enfin, toujours d'après M. Broca, le poids moyen du cerveau serait en rapport avec la force et l'activité de l'intelligence. Des mensurations pratiquées, à Bicêtre, sur des têtes d'hommes vivants lui auraient fourni les données suivantes :

	Moyenne de 25 élèves.	Moyenne de 23 infirmiers.	Différ.
Circonférence horizontale	367mm12	349,04	18,08
Sa partie antérieure	284mm08	272,39	11,69
Sa partie postérieure	283mm04	276,65	6,39

Les différences sont, comme on peut le voir en faveur des 25 élèves en médecine et portent, surtout, sur la région frontale.

(2) Cuvier, *Anat. comp.*, t. II, p. 149 et suiv.

(3) Desmoulins, *Anat. du syst. nerv. des animaux vertéb.* Paris 1825 2e part., p. 606.

lui donner cependant la valeur d'une vérité démontrée; car on ne peut se dissimuler que bien des faits contredisent cette proposition générale; ainsi, comme le fait observer Leuret, l'étendue de la surface cérébrale des ruminants, celle du mouton en particulier, est supérieure, proportion gardée, à celle du chien, du chat, du renard, etc. qui l'emportent en intelligence sur le mouton. Je sais bien qu'on pourrait répondre avec Lafontaine :

> Mais d'où vient qu'au renard Ésope accorde un point,
> C'est d'exceller en tours pleins de matoiserie?
> J'en cherche la raison et ne la trouve point.
> Quand (un autre) a besoin de défendre sa vie,
> N'en sait-il pas autant que lui?
> (La Fontaine, *Le Loup et le Renard).*

Il est possible toutefois de donner, sans sortir du domaine scientifique, une raison plus satisfaisante : il n'y a pas que le volume du cerveau ou sa surface dont il faille tenir compte; sa texture, sa composition, l'état de sa circulation, etc. jouent aussi un rôle que nous ne pouvons apprécier, mais qui n'est pas moins réel. Sans donc en faire une loi absolue, nous pouvons adopter la proposition de Meckel. Aussitôt une grave question se pose, qu'il importe de résoudre pour ne pas laisser tirer des conclusions favorables à l'origine matérielle de la pensée.

Les facultés intellectuelles sont-elles plus développées parce que le cerveau est plus volumineux, ou bien le cerveau se développe-t-il davantage parce que les facultés intellectuelles sont plus exercées? Il est difficile de répondre d'une manière formelle à cette question, car elle comporte, suivant les cas, des solutions diverses. Ainsi posons pour exemple l'idiot microcéphale : il est incontestable qu'il y a un étroit rapport entre l'obtusion de son intelligence et l'arrêt de développement de son cerveau, et si l'on remarque que la précoce ossification des sutures a pu opposer un obstacle au développement des hémisphères cérébraux, on sera tenté de conclure

que c'est le fait de l'ossification prématurée qui a été la cause de l'idiotie ; mais si, sans s'arrêter à cette solution, en apparence satisfaisante, on pousse plus loin l'examen, on apprend qu'avant même que les sutures fussent ossifiées, par conséquent, lorsque rien ne s'opposait encore au développement du cerveau, l'enfant donnait les premiers signes de l'affection qui n'a été reconnue que plus tard, c'est donc plutôt parce que le cerveau ne se développait pas que les sutures se sont fermées. Une observation récente semble confirmer cette conclusion.

Il y a bientôt deux ans des savants, des philosophes, des hommes de lettres, tous matérialistes convaincus, fondèrent, sous le titre singulier de *Société d'autopsie mutuelle*, une association dont tous les membres s'engageaient à abandonner aux associés survivants leur corps pour que l'autopsie en fût faite. « Cette société, dit la *Gazette hebdomadaire*, vient de perdre un de ses membres, Louis Asseline, dont les obsèques ont eu lieu il y a quelques jours. » « L'autopsie, pratiquée par M. le professeur Broca, a confirmé, dit le *Siècle*, les prévisions que la mort si subite de notre confrère avait fait prévoir (sic). Il a succombé à une rupture de l'oreillette gauche du cœur, rupture provenant de la dégénérescence graisseuse de cet organe. Les fibres musculaires du cœur avaient presque disparu, et on comprend difficilement comment la vie et la santé d'Asseline avaient pu se prolonger si longtemps. Le cerveau d'Asseline pesait 1,460 grammes, ce qui est un poids au-dessus de la moyenne.

» *On a remarqué que les sutures fronto-pariétales n'étaient pas ossifiées*, comme elles auraient dû l'être à l'âge de quarante-neuf ans, chez un homme d'un milieu moins cultivé. Cette ossification des sutures antérieures du crâne se produit plus tôt dans les races inférieures que chez le blanc. Si le fait observé sur Asseline se vérifiait chez d'autres personnes exerçant une profession intellectuelle, on en conclurait avec certitude que c'est l'activité cérébrale qui cause ce retard. »

Avais-je tort de dire que cette observation, jusqu'ici unique, confirme la conclusion que je proposais tout à l'heure? Si d'autres faits venaient la corroborer, la *Société de l'autopsie mutuelle* serait arrivée à un résultat absolument opposé à celui que chacun de ses membres poursuit : elle aurait démontré que c'est l'activité intellectuelle qui fait le cerveau. Cette conclusion pouvait du reste être prévue, car, pour tous les autres organes, dont le fonctionnement peut être plus facilement observé, l'expérience a montré qu'ils se développent en raison de leur activité, et cela non-seulement dans l'individu, mais dans sa famille et dans sa race. C'est là l'unique raison des différences que les anatomistes constatent entre le cerveau et le crâne des diverses races humaines. Elles ne tiennent pas à une différence d'origine, mais à une différence de culture.

Cette interprétation des faits, en même temps qu'elle donne la raison de la déchéance de certains groupes de la famille humaine et des difficultés que les premiers réformateurs éprouvent à les relever, doit nous remplir d'espérance pour l'avenir; car, lorsque les apôtres de la foi et de la civilisation vont apporter la bonne nouvelle à ces peuples dégénérés, ils peuvent se dire que, pour ne pas produire de résultats apparents, leurs efforts ne sont pas perdus; ils transforment insensiblement les âmes des pères, et des pères cette transformation se transmet aux fils, qui à leur tour se perfectionnent et engendrent une descendance qui, dès sa naissance, est plus apte aux travaux de l'esprit, moins rebelle aux impérieuses prescriptions de la morale, et c'est ainsi que de génération en génération les résultats se fixent et s'accroissent, et qu'éclate à tous les yeux la vérité de cette parole : Dieu a fait les nations guérissables.

Premiers essais de localisation. — C'est être bien peu avancé que de savoir qu'il y a un étroit rapport entre le cerveau et les facultés intellectuelles; aussi, de tout temps, physiologistes et médecins ont-ils aspiré à connaître davantage. Convaincus qu'au cerveau aboutissent toutes les impressions,

et que de lui partent toutes les incitations, qu'en lui se trouve non seulement le centre de la vie organique et animale, mais même de la vie intellectuelle et morale, ils ont voulu déterminer quelle fonction est attribuée à chaque partie. C'est de ce désir ou plutôt de ce besoin que sont nées toutes les tentatives de localisation des fonctions cérébrales. La première (1) est fort ancienne, et le petit ouvrage qui la rapporte date des premiers temps de l'imprimerie. Il contient un système de phrénologie aussi complet que celui de Gall, et une gravure sur bois représentant un crâne divisé en petits compartiments correspondant aux diverses facultés. Ai-je besoin de dire que tout fondement expérimental lui manque, et qu'il est uniquement établi sur des vues ingénieuses mais arbitraires ?

Je dirai la même chose des tentatives de Gall et Spurzheim. Gall érigea en système l'étude de la localisation des fonctions cérébrales, et il fut déterminé à cet effort par une circonstance de sa vie dont il nous a laissé le récit. Il était surpassé dans ses études par des condisciples doués d'une très grande mémoire, qui se liait à une forte saillie des globes oculaires. Plus tard, et après bien des hésitations, il conclut de cette saillie à une saillie du cerveau, qui la déterminait, et généralisant son hypothèse, il eut l'idée de rattacher à d'autres saillies cérébrales analogues les autres facultés de l'intelligence.

Cette tentative, qui avait pour point de départ une hypothèse, ne put se faire accepter, malgré le retentissement qu'elle eut pendant quelques années. Lélut, Flourens, Cerise, organes de la science et du bon sens public, la repoussèrent. Cependant, tout en reconnaissant que le système de Gall n'avait rien de scientifique, les physiologistes n'en persistaient pas moins à admettre que chaque partie du cerveau avait des fonctions spéciales, et Richerand (2) écrivait : « On

(1) Margarita philosophica. *Société anthrop.*, 1861,. Cité par Lépine. *Des localisations cérébrales*, p. 157.

(2) *Nouv. élém. de phys.*, 7e éd., t. II, p. 164.

doit conjecturer, avec beaucoup de vraisemblance, que chaque perception, chaque classe d'idées, chaque faculté de l'entendement est attribuée à telle ou telle partie du cerveau; il nous est, à la vérité, impossible d'assigner les fonctions spéciales de chacune, de dire à quoi sont destinés les ventricules, quel usage remplissent les commissures, ce qui se passe dans les pédoncules : mais il est impossible d'étudier un arrangement ainsi combiné et de penser qu'aucun dessein n'y est attaché. »

Flourens se mit à l'œuvre et recourut à l'expérimentation pour jeter sur cette question quelque lumière. J'ai exposé plus haut ses conclusions, absolument contraires, au moins pour les facultés intellectuelles, à toute localisation. Ces conclusions, acceptées par tous les physiologistes, figurent encore dans la plupart des ouvrages classiques. Elles furent incontestées jusqu'en 1870. Alors parurent les premiers travaux de Fristch et Hitzig, suivis, en 1873, de ceux de Ferrier sur les centres moteurs de la substance corticale. Depuis, les recherches se sont multipliées et contrôlées, et on peut considérer, malgré quelques oppositions individuelles, l'action motrice de certaines parties de la couche corticale comme démontrée.

Avant d'exposer le résultat des recherches dont je viens de parler, il convient de dire que, tandis que les physiologistes s'étaient montrés impuissants à déterminer le rôle d'aucune des parties des hémisphères cérébraux, les cliniciens avaient été plus heureux : ils avaient découvert le siége de la faculté du langage.

Siége de la faculté du langage. — J'ai décrit, dans la première partie de ce travail, ce qu'on entend par *aphasie*; j'ai dit qu'on connaissait tous les caractères de ce symptôme, mais qu'on ignorait à quelle lésion il fallait l'attribuer. Gall localisait déjà la faculté du langage dans les lobes antérieurs du cerveau (1808), mais on peut dire que c'est Bouillaud qui commença à donner la preuve scientifique de cette affirmation. En 1826 il communiqua à l'Académie des sciences et

publia, dans les *Archives générales de médecine*, une série de faits établissant que la perte de la faculté du langage coïncide toujours avec une lésion siégeant dans les lobes antérieurs du cerveau (1).

Il n'attribuait la prééminence à aucun des deux lobes. En 1836 le Dr Marc Dax lut au Congrès de Montpellier un travail établissant que *l'oubli des signes de la pensée coïncide avec une lésion de la moitié gauche de l'encéphale*. Ce mémoire revu et complété a été communiqué à l'Académie de médecine par le Dr Dax fils en 1863 (2).

Deux points pouvaient donc dès lors être considérés comme établis; un troisième dû à M. Broca permit de préciser davantage le siége de la lésion. Dans un mémoire publié en 1861, cet auteur rapportait deux cas d'aphasie observés à Bicêtre, dans lesquels l'autopsie avait révélé une lésion de la troisième circonvolution frontale. Dans les deux cas la lésion était à gauche, mais M. Broca n'y attacha pas d'abord d'importance et l'attribua à une pure coïncidence. Ce n'est que plus tard, lorsque le nombre des faits publiés fut plus considérable, qu'on reconnut à ce détail toute sa valeur. Depuis, le nombre des observations confirmatives s'accroît tous les jours, tandis qu'on compte celles qui contredisent la localisation de la faculté du langage dans la troisième circonvolution frontale gauche.

Si mon travail s'adressait seulement à des médecins, je ferais ici une réserve et rappellerais les faits, rares, il est vrai, mais réels, où une véritable aphasie a coïncidé avec une lésion du lobule de l'insula, la troisième circonvolution frontale étant intacte; mais je ne puis m'attarder à ces discussions. Je ne puis cependant laisser sans les rapporter des

(1) En 1877 M. Bouillaud était encore fidèle à sa première opinion. Acad. des sciences, août 1877.

(2) Voir pour l'historique de cette question, ainsi que pour plusieurs autres points du sujet qui nous occupe, le très intéressant travail de Grasset, *Des localisations cérébrales*. Paris, Delahaye, 1878.

faits très curieux dont j'aurai plus tard à rechercher la valeur : je veux parler de la coïncidence de l'aphasie avec une lésion de la troisième circonvolution frontale *droite* chez les gauchers. Des observations nombreuses et d'une valeur incontestable établissent ce fait, que les auteurs s'accordent à expliquer en disant que le sujet était gaucher du cerveau comme il était gaucher de ses membres. Cette explication, si elle était exacte, permettrait de dire que les divers centres sont adaptés aux fonctions qu'ils remplissent, mais qu'ils n'y sont pas prédestinés. Cette question se représentera plus tard lorsque j'aurai à parler, en étudiant les centres gris corticaux, de la faculté qu'ils ont de se suppléer.

La clinique avait donc déterminé, avant la physiologie expérimentale, le premier centre fonctionnel; et cependant, justement parce qu'il était le premier, on refusait de l'admettre ou plutôt on s'efforçait de diminuer son importance. Un homme d'une autorité considérable, élève de Flourens, discutant la théorie de M. Broca écrivait en 1866 : « Je crois que la doctrine des localisations n'a pas encore rencontré, dans les faits d'abolition du langage articulé, l'appui qu'elle avait espéré un moment y trouver. Il est possible, à la rigueur, que des lésions situées sur le trajet de certains faisceaux des fibres cérébrales, influent plus sur telle fonction que sur telle autre, mais cela n'est pas démontré; et quant à la substance grise corticale, il n'y a rien qui autorise une hypothèse du même genre (1). »

Cela était vrai en 1866, mais ne l'est plus aujourd'hui. Grâce aux travaux des physiologistes dont je parlais tout à l'heure, ce n'est plus un centre moteur qu'on trouve dans la substance grise corticale, mais une série de centres. Cette découverte, en même temps qu'elle ouvre des horizons nouveaux, confirme celle précédemment faite par les cliniciens et lui restitue toute sa valeur. Elle montre une fois de plus combien est féconde l'alliance de la physiologie et de la cli-

(1) Vulpian, *Leçons sur la physiologie du système nerveux*, p. 719.

nique, et combien, lorsqu'il s'agit de l'homme, elles sont indispensables l'une à l'autre.

Pour exposer d'une façon intelligible les travaux de Fristch et Hitzig et de Ferrier, il est nécessaire de donner quelques détails sur les circonvolutions cérébrales.

Circonvolutions. — La face convexe du cerveau présente des saillies et des dépressions, longtemps considérées comme distribuées sans ordre, comme les circonvolutions intestinales, et par conséquent négligées. Les travaux de Gratiolet ont démontré qu'il y a là au contraire, un plan régulier, qu'on peut suivre depuis les mammifères inférieurs jusqu'à l'homme, en passant par le singe.

Parmi les circonvolutions on distingue les *plis fondamentaux*, ainsi appelés parce que leur disposition et leurs rapports sont absolument *fixes,* et les *plis secondaires* ou *accessoires,* dont il faut savoir faire abstraction parce qu'ils sont *variables.*

Si je voulais faire une étude complète des circonvolutions je devrais d'abord étudier les circonvolutions cérébrales chez le singe, parce que, entre le singe et l'homme, la ressemblance est frappante en ce qui concerne les plis et les sillons fondamentaux, et telle disposition, qui paraît en quelque sorte inintelligible chez l'homme, s'explique sans peine en raison de sa plus grande simplicité quand on examine le cerveau du singe. Mais l'espace me manque pour entrer dans ces développements ; aussi me contenterai-je d'exposer succintement la topographie du cerveau de l'homme.

Ainsi que je l'ai dit, dans la première partie de ce travail, on trouve sur la face externe de l'hémisphère cérébral le *sillon de Rolando* dirigé obliquement de haut en bas et d'arrière en avant, et la *scissure de Sylvius* obliquement dirigée de bas en haut et d'avant en arrière. — Ces deux sillons limitent le *lobe frontal* sur lequel existent quatre circonvolutions : une qui longe en avant le sillon de Rolando, dirigée de haut en bas et occupant toute la hauteur du lobe frontal, s'appelle *frontale ascendante.* En avant il y en a trois autres

dirigées perpendiculairement à la précédente et superposées l'une à l'autre. On les désigne en partant d'en haut sous les noms de *première, deuxième* et *troisième circonvolution frontale*. C'est la dernière qui est lésée dans l'aphasie.

Le *lobe pariétal* est en arrière de la scissure de Rolando et au-dessus de la scissure de Sylvius. Sa limite postérieure est réduite à une encoche, rudiment de la scissure dite occipito-pariétale. Il y a dans ce lobe une première circonvolution qui borde le sillon de Rolando, et qui en forme la lèvre postérieure : on l'appelle *pariétale ascendante*. En arrière de cette circonvolution, la partie qui est au dessus de la scissure inter-pariétale constitue le *lobule pariétal supérieur* ou *lobule du pli pariétal*. Enfin la partie qui est au-dessous de la scissure inter-pariétale constitue le *lobule du pli courbe* et *le pli courbe*.

Je ne m'arrêterai pas au *lobe temporal* et au *lobe sphénoïdal* n'ayant rien à en dire au point de vue physiologique.

Excitabilité des circonvolutions. — Jusqu'à ces dernières années la substance grise des circonvolutions, substance corticale, était considérée comme insensible et inexcitable. On pouvait la piquer, la déchirer, la détruire sans qu'il en résultât de mouvements anormaux ou de paralysie, et sans que l'animal manifestât de la douleur. Les expériences que je vais relater contredisent ces affirmations, et montrent qu'au contraire certaines parties de l'écorce cérébrale sont sensibles, tandis que d'autres sont génératrices de mouvements.

Jusqu'ici on avait eu recours aux excitations mécaniques ou chimiques, aux injections interstitielles ou à la destruction par le feu, mais personne n'avait eu l'idée de recourir aux courants électriques.

C'est en 1870 que Fristch et Hitzig employèrent les premiers ce procédé d'expérimentation : ils eurent recours aux courants continus qui leur donnèrent d'excellents résultats ; aussi dans leur premier travail, publié dans les *Archives de Reichert et de Du Bois-Reymond*, démontrèrent-ils que, contrairement à tout ce qui avait été dit jusque-là, les circonvolutions sont excitables, et décrivirent-ils certains centres.

Dans un autre mémoire, en 1873, Hitzig compléta ses premières recherches. Ces expériences furent faites sur des chiens et plus tard sur un seul singe.

Ferrier au lieu d'employer les courants continus eut recours au courants induits. Il fit connaître ses premiers résultats en avril 1873 et les compléta ensuite dans une série de mémoires (1). Ses expériences furent faites sur des chats, des chiens et des singes et donnèrent, sur tous ces animaux, des résultats concordants.

Depuis, Carville et Duret, Dupuy, Tripier et d'autres ont répété ces expériences et obtenu les mêmes résultats. Nous verrons tout à l'heure qu'ils ne leur accordent pas tous la même valeur.

Quand on applique les électrodes sur un des centres moteurs, on obtient des résultats différents suivant l'intensité du courant employé. Avec un courant faible on a des convulsions tout à fait localisées; avec un courant un peu plus fort des convulsions épileptiformes hémiplégiques; avec un courant plus fort encore, des convulsions généralisées. Ces résultats de l'expérimentation reproduisent les divers types cliniques des convulsions d'origine corticale.

Pour obtenir des convulsions localisées, dit Ferrier, le courant n'est pas trop fort quand on peut le supporter sur le bout de la langue.

Cela posé, voici quelques exemples des expériences dans lesquelles on produit des mouvements très limités dans un groupe de muscles donné (2).

Obs. 1 de l'exp. IV. — Sur un chat, on applique les électrodes sur le gyrus sigmoïde de la division frontale de la circonvolution externe supérieure, juste en avant du sillon crucial à droite (3) : mouvement de flexion lent et facile à suivre

(1) Tous ces travaux ont été résumés dans un ouvrage publié par Ferrier, en 1876, et traduit depuis en français par Henri et C. de Varigny. Cet ouvrage a pour titre : *Les fonctions du cerveau*. Germer-Baillière. Paris. 1878.

(2) Ces observations sont extraites des mémoires de Grasset qui les a lui-même empruntées à Ferrier.

(3) Le cerveau du chat présente trois grandes circonvolutions antéro-pos-

des phalanges de la patte de devant du côté gauche, et élévation de l'épaule du même côté. — Expérience plusieurs fois répétée.

Obs. 2 de la même expér. — Sur un chat, on applique les électrodes en arrière du point précédent, toujours sur la circonvolution externe supérieure, en arrière du sillon crucial. On détermine immédiatement la rétraction et l'adduction de la patte de devant du côté opposé si l'animal est enchaîné; et si on le délivre complétement de ses liens et que le membre soit entièrement libre, on détermine l'élévation de l'épaule et l'adduction du membre, comme si l'animal voulait frapper une boule avec sa patte.

Chez le chien on peut obtenir des résultats de même ordre.

Ces exemples suffisent pour établir qu'une excitation portant sur un point de l'écorce cérébrale détermine des mouvements limités dans un groupe de muscles donné.

Ainsi que je l'ai dit plus haut, si l'excitation est plus forte les mouvements au lieu d'être limités se généralisent.

Exp. III. — Chat grand et vigoureux, courant plus fort.

Obs. 1. — On applique les électrodes en un point donné pendant 5 secondes. Il survient, immédiatement après l'éloignement des pôles, une attaque qui dure trente secondes. Des secousses cloniques se manifestent d'abord dans la paupière droite et la lèvre du même côté et envahissent graduellement tout le côté droit de la face. Bientôt la tête se tourne à droite, le cou répondant à l'épaule droite. Les convulsions atteignent la patte antérieure droite et l'épaule correspondante, puis la patte de derrière du même côté, et en même temps la queue se dresse et est agitée par des secousses. Les convulsions disparaissent dans l'ordre où elles sont venues.

Quatre fois, à quelques minutes d'intervalle, se renouvelle

térieures et superposées, que l'on peut comparer aux trois circonvolutions frontales de l'homme, seulement prolongées en arrière. On les appelle externe supérieure, externe moyenne et externe inférieure. On appelle gyrus sigmoïde la partie tout à fait antérieure de la circonvolution externe supérieure, en avant du sillon crucial (note de Grasset).

l'expérience et toujours les convulsions généralisées se reproduisent, de plus en plus intenses et prenant de plus en plus les caractères de l'attaque épileptiforme.

Ces deux faits sont donc établis : il y a dans la substance grise corticale des points dont l'excitation produit des mouvements déterminés. Ces mouvements se généralisent si l'excitation est plus intense.

Je ne puis suivre les expérimentateurs dans la recherche des divers centres moteurs. Il me suffit d'avoir établi qu'ils existent et quant au siége qu'ils occupent j'accepte comme exacts les résultats donnés par Ferrier.

Lépine (1) les a résumés ainsi :

1° Les centres, pour les mouvements des membres antérieur et postérieur du côté opposé, occupent la circonvolution pariétale ascendante dans les deux tiers supérieurs (les plus rapprochés du sillon inter-hémisphérique) ; le membre antérieur seul paraît avoir aussi, en partie, son centre dans le tiers supérieur de la circonvolution frontale ascendante.

2° Sur la première circonvolution frontale (celle qui longe parallèlement la scissure inter-hémisphérique) et à sa partie supérieure (c'est-à-dire près de la circonvolution frontale ascendante), se trouve un centre pour les mouvements de la tête et du cou.

3° Sur la deuxième circonvolution frontale, en arrière, un centre pour les mouvements de la face et des paupières.

4° Sur la circonvolution frontale (celle qui est la plus rapprochée de la scissure de Sylvius), à sa partie postérieure, un centre pour les mouvements des mâchoires, des *lèvres* et de la *langue*.

5° En arrière, dans un point particulier du lobe pariétal (pli courbe), il y aurait un centre pour les globes oculaires.

En définitive chaque région est affectée à un ordre particulier de mouvements et la preuve qu'on en fournit est que l'excitation par un courant électrique de cette région produit le mouvement indiqué.

(1) *Des localisations cérébrales.* Paris 1875, pag. 31.

On a eu recours à un autre ordre de preuves :

S'il est vrai que telle partie de la substance grise corticale soit le centre moteur d'un groupe de muscles déterminé, la suppression de ce centre devra entraîner la paralysie de ces muscles. C'est ce qui arrive, et cette expérience peut être considérée comme la contre-épreuve de la précédente.

Seulement les paralysies ainsi produites ont des caractères spéciaux qu'il importe de connaître : 1° elles sont limitées à un groupe de muscles bien déterminé ; 2° elles sont intermittentes dès leur apparition ; 3° elles guérissent complétement après quatre, cinq ou six jours.

Ces deux derniers caractères établissent que ces divers centres ne sont pas absolus et exclusifs, et qu'ils peuvent se suppléer mutuellement. L'intermittence de la paralysie montre les tâtonnements de cette suppléance, et la guérison complète au bout de peu de jours prouve qu'elle s'est définitivement établie.

Carville et Duret crurent d'abord que la suppléance était faite par le centre homologue, mais l'expérience fit abandonner cette hypothèse.

Si, sur un animal convenablement préparé, après avoir déterminé un centre, on l'enlève à l'aide d'une curette, l'animal est atteint de paralysie limitée au groupe musculaire dépendant de ce centre, mais la paralysie est temporaire et disparaît au bout de peu de jours. Si alors on détruit sur l'autre hémisphère le centre homologue on constate que l'animal est paralysé du côté opposé, mais que la paralysie primitive ne se reproduit pas. Cette seconde paralysie guérit comme la première. Il faut donc admettre que la suppléance se fait par les régions voisines de la substance grise corticale.

La clinique avait du reste constaté, avant la physiologie expérimentale, la réalité de cette suppléance. Il n'est pas rare, en effet, de trouver des malades certainement atteints d'aphasie à la suite d'un ramollissement ou d'une hémorrhagie cérébrale, et chez lesquels la faculté du langage est reconquise au bout d'un certain temps. C'est là un fait de

suppléance absolument analogue à ceux que nous livre l'expérimentation. Il est aisé de l'expliquer en montrant que le rapport de la faculté du langage avec la troisième circonvolution frontale gauche n'est autre que celui d'un groupe de muscles avec son centre moteur. Tous les expérimentateurs s'accordent à placer le centre moteur de la *langue* et des *lèvres* au niveau de la troisième circonvolution frontale et, chose remarquable, tandis que l'excitation d'un quelconque des centres moteurs d'un hémisphère ou sa destruction provoque des mouvements ou la paralysie des muscles qui en dépendent, l'excitation ou la destruction de l'un des centres moteurs des lèvres et de la langue provoque *des deux côtés* des contractions ou une paralysie partielle (Carville et Duret). Ce fait semble donner quelque fondement à la théorie de l'aphasie proposée par Fournier :

« Les faits existent, dit cet auteur, mais ils prouvent tout autre chose que l'asymétrie cérébrale. La perte de la parole par la lésion d'un seul côté du cerveau ne prouve pas que la parole soit localisée dans ce côté; elle prouve que les deux côtés sont absolument indispensables à la formation de la parole.

» Lorsque le mécanisme selon lequel se produit la parole est réduit à la moitié de ses rouages par la lésion d'un hémisphère, l'ensemble du mécanisme s'arrête (1). »

Pour faire adopter cette théorie il faudrait démontrer que l'aphasie est aussi fréquente à la suite de lésions du cerveau droit qu'à la suite de lésions du cerveau gauche.

Je ne discuterai pas toutes les objections produites contre les conclusions de Ferrier et de Hitzig; il me suffit de dire qu'aucune n'est demeurée sans réponse, et qu'aujourd'hui on peut considérer comme démontré, *que certaines parties de la substance grise corticale sont excitables et que l'excitation des mêmes zones entraîne toujours les mêmes mouvements, tandis que leur destruction paralyse toujours les*

(1) Fournier, Acad. de méd., août 1877.

mêmes groupes musculaires. Faut-il donner à ces centres le nom de *psycho-moteurs*, comme on le fait imprudemment, depuis qu'ils sont découverts ? Rien n'autorise une semblable dénomination. J'ai dit tout ce que nous savons à leur sujet ; y a-t-il là, je le demande, un motif suffisant de les considérer comme étant le point d'application de la force volontaire ?

Les expériences sur lesquelles reposent les conclusions que je viens de tirer ont toutes été faites sur des animaux. Peut-on, quoique les résultats aient été concordants quel que fût l'animal employé, dire que ces conclusions sont applicables à l'homme ? S'il n'y avait que les résultats de l'expérimentation je n'oserais l'affirmer ; mais la clinique nous fournit heureusement un ensemble de faits confirmatifs de ces expériences, de sorte que nous pouvons, sans hésitation, dire que chez l'homme aussi il y a, au niveau de la couche corticale des circonvolutions, une zone dont l'excitation produit des convulsions partielles ou généralisées, et dont la destruction produit la paralysie (1). Nous ne pouvons aller au delà, les faits actuellement connus ne le permettent point.

(1) *Faits cliniques confirmant l'existence des centres moteurs de la couche corticale.*

Les cliniciens, même avant la découverte des centres moteurs de la couche corticale, avaient publié des observations où est relatée la coïncidence d'une hémiplégie partielle ou totale avec une lésion de la substance grise des circonvolutions. Laudoury (*Contribution à l'étude des convulsions et des paralysies liées aux méningo-encéphalites fronto-pariétales, Paris* 1876) a recherché tous ces faits et les a publiés dans sa thèse inaugurale. Sans doute il n'était pas alors question d'établir ou d'infirmer l'existence des centres moteurs de Hitzig et de Ferrier, mais ces faits suffisaient pour montrer :

1° que les lésions de la couche corticale peuvent entraîner des paralysies ;

2° que ces paralysies d'origine corticale ont des caractères tout spéciaux qui permettent de les distinguer cliniquement des paralysies produites par des lésions centrales de l'encéphale.

Le premier de leurs caractères est d'être circonscrites,

Le second est qu'elles sont souvent incomplètes,

Le troisième qu'elles sont transitoires,

Ces notions, quoique très imparfaites, ont pour le clinicien une très grande importance; elles lui permettent, des accidents convulsifs ou paralytiques étant donnés, de distinguer

Le quatrième qu'elles sont au début progressives,

Le cinquième, enfin, qu'elles sont variables de siége et d'intensité.

Ces caractères se rapprochent singulièrement de ceux donnés par Carville et Duret comme appartenant aux lésions expérimentales de la couche corticale. Depuis les travaux de Hitzig et de Ferrier l'étude de cette question est entrée dans une nouvelle phase. On ne s'est plus attaché seulement à démontrer qu'une paralysie peut résulter d'une lésion corticale mais à établir un rapport entre le siége de la lésion et la partie paralysée. Un premier fait a été aussitôt mis en lumière : c'est l'existence d'une zone excitable dans la couche corticale des circonvolutions de l'homme, comme dans celle du singe. En dehors de cette zone, en effet, les lésions ne se révèlent par aucun trouble dans la motilité. D'après Charcot et Pitres (*Revue mensuelle* 1877) : « le lobe sphénoïdal, le lobe occipital, le lobule pariétal inférieur, le pli courbe, le lobule de l'insula, le lobule cunéiforme, le lobule carré, le lobule orbitaire et la partie antérieure des deuxième et huitième circonvolutions frontales, peuvent être détruits par le ramollissement, comprimés par des tumeurs, irrités par des esquilles osseuses ou par des épanchements sanguins, sans qu'il en résulte aucun trouble moteur. »

Cette zone excitable délimitée, on a tenté de la subdiviser en zones secondaires correspondant à des paralysies partielles déterminées. Jusqu'ici les tentatives faites dans ce sens ne peuvent être considérées comme définitives, cependant les faits sont assez nombreux pour qu'on doive les enregistrer et indiquer par là le point où s'arrête la science *positive*. (Je ne dis pas positiviste, celle-là va plus loin).

Grasset (loc. cit) qui a relevé toutes les observations connues les divise ainsi :

a. — *Observations d'hémiplégie complète* (face et membres) 10.

b. — *Observ. de paralysie portant seulement sur les membres*, 16.

De l'ensemble de ces faits on peut conclure que les mouvements des membres sont plus particulièrement en rapport avec la partie supérieure des circonvolutions ascendantes et le lobule paracentral.

c. — *Observations de paralysie du membre supérieur seul*, 11, amenant cette conclusion que très probablement le centre spécial de ce membre est sous le tiers moyen de la circonvolution frontale ascendante du côté opposé.

d. — *Observations de paralysie du membre inférieur seul*, 2.

Ces faits sont trop rares pour permettre des conclusions.

e. — *Observations de paralysie de la face seule*, 3.

le siége et l'étendue de la lésion qui les engendre, et donnent par conséquent une base scientifique à son intervention. Déjà dans un certain nombre de cas des chirurgiens hardis, diagnostiquant d'après le caractère et le siége des accidents une compression du cerveau dans un point déterminé, ont pu perforer le crâne et aller avec assurance à la recherche d'une collection purulente ; d'autres, après une chute sur le crâne suivie de paralysie partielle, ont diagnostiqué une fracture avec enfoncement et, allant à la recherche du fragment déprimé, ont pu le soulever et rendre ainsi le mouvement et la vie au malade. Où s'arrêteront les déductions pratiques qu'une connaissance plus approfondie de la topographie et du fonctionnement du cerveau inspirera ? Nul ne le peut dire, mais d'avance on peut assurer que ces recherches, en apparence spéculatives et d'un intérêt limité, seront fécondes pour la science et pour la pratique.

Corps striés, couches optiques, capsule interne. — J'ai parlé, bien longuement, des récentes recherches faites sur les fonctions de la couche corticale, je serai plus bref sur le corps strié et les couches optiques et sur la capsule interne.

En exposant l'anatomie du cerveau, j'ai dit rapidement le rôle que M. Luys attribue à ces deux ganglions : le dernier (couche optique) est considéré par ce physiologiste comme le collecteur de toutes les impressions sensitives, le premier (corps strié) comme le point de départ de toutes les incitations motrices.

Voyons ce que nous apprennent sur ces deux organes importants l'expérimentation et la clinique.

Tous les auteurs s'accordent pour faire du *corps strié* un centre essentiellement moteur. Que sur un animal (singe, chat, chien, etc.) on excite par un courant électrique cet

f. — *Observations de paralysie de la face et du bras*, 7. (Voir pour plus de détails : Grasset pag. 100 et suiv.).

Ces faits suffisent pour montrer que tout ce que la physiologie expérimentale a appris du cerveau des animaux est applicable à l'homme.

organe; on provoque aussitôt une contraction tonique unilatérale des muscles de la face, du cou, du tronc et des membres. Il n'y a pas distinction des effets comme après l'excitation des centres corticaux individuels, mais une contraction unilatérale générale.

Si, au lieu d'exciter cet organe, on le détruit par dilacération ou par des injections interstitielles, on produit toujours une paralysie du mouvement du côté opposé, la sensibilité restant intacte.

Les faits cliniques confirment pleinement ces résultats de l'expérimentation : les lésions destructives du corps strié chez l'homme produisent l'hémiplégie du côté opposé, et respectent la sensibilité. Nos connaissances sur les fonctions des *couches optiques* sont beaucoup moins précises.

Tandis que Luys décrit un *centre antérieur* destiné à recevoir les impressions olfactives, *un centre moyen* en rapport avec les tractus optiques, *un centre médian* où aboutissent les impressions tactiles et un *centre postérieur* auditif; Nothnagel affirme que la destruction des couches optiques n'abolit ni la motilité ni la sensibilité, mais détermine seulement une situation anormale des extrémités ; Meynert soutient une opinion analogue, tandis que Vulpian, qui n'a cependant vu que de la paralysie motrice résulter de lésions des couches optiques, évite avec soin de tirer de ce fait aucune conclusion et dit : « Nous ne savons rien des fonctions spéciales des couches optiques. » (Loc. cit. p. 659). Il est donc inutile de nous attacher à l'étude des opinions contradictoires émises sur ce sujet, nous n'en tirerions aucune lumière puisque la question n'est pas encore élucidée.

Capsule interne. — J'ai décrit les pédoncules se rendant de la base de l'encéphale à la couche corticale, se dirigeant de dedans en dehors et de bas en haut. A la partie inférieure ils ont la forme d'un gros cordon, à la partie supérieure les fibres qui les composent se séparent, divergent et forment ce qu'on a appelé la couronne rayonnante de Reil. Avant de former la couronne rayonnante les fibres qui constituent les pédoncules ont traversé la région des ganglions. Pour comprendre leur trajet dans cette région, il faut faire une coupe transversale du cerveau (de haut en

bas) (1) un peu en arrière des tubercules mamillaires. Sur cette coupe on voit sur la ligne médiane le ventricule moyen et deux grosses masses de substance grise qui sont les couches optiques; un peu au dessus de chaque couche optique est un petit noyau de substance grise séparé de la couche optique par une bandelette blanche : c'est le noyau intra-ventriculaire du corps strié ou noyau caudé. En dehors de la couche optique est une autre masse de substance grise : c'est le noyau extra-ventriculaire du corps strié ou noyau lenticulaire. Entre ce noyau et la couche optique et le noyau caudé, se trouve une bande de substance blanche qu'on appelle capsule interne.

La *capsule interne* est donc cette bande de substance blanche qui sépare le noyau lenticulaire d'une part et la couche optique et le noyau caudé d'autre part. Ce faisceau est le prolongement des pédoncules, et va aboutir à la masse blanche de l'hémisphère. Comme le pédoncule, il est le carrefour où passent toutes les fibres sensitives et toutes les fibres motrices qui viennent du côté opposé du corps et qui s'y rendent.

L'observation clinique, confirmée plus tard par l'expérimentation physiologique, a montré que la partie antérieure de la capsule située entre le noyau caudé et le noyau lenticulaire du corps strié ne contient que des fibres motrices. Les lésions très fréquentes de cette région entraînent une paralysie complète et définitive, et une dégénérescence secondaire des cordons latéraux de la moelle. La sensibilité est respectée.

L'observation clinique et l'expérimentation ont également montré que la moitié postérieure contient toutes les fibres sensitives et un certain nombre de fibres motrices, et toutes les fibres qui viennent des organes des sens; les lésions de cette partie entraînent une hémiplégie avec hémianesthésie complète portant sur la sensibilité générale et sensorielle, souvent accompagnée d'hémichorée. On distinguera les lésions de la capsule de celles des pédoncules à ce caractère que les lésions de la capsule entraînent des troubles dans la vision et l'olfaction que les lésions pédonculaires n'entraînent pas (2).

V.

J'ai impartialement exposé l'état réel de nos connaissances. Les déductions philosophiques que certains auteurs

(1) Voir Charcot. *Mal. du syst. nerv.* 2e éd., tom. I, p. 312; ou *Des localisat. cérébrales*, p. 5, une figure représentant cette coupe.

(2) Voir pour plus de détails sur cette question :

Charcot. *Local. cérébrales.*

Gombaut et Rendu. *Rev. des sciences méd.* 1876.

Grasset. Ouvr. cité.

Charcot et Pitres. *Revue mensuelle*, 1877.

ajoutent n'étant qu'hypothèses et conceptions *a priori* pourraient être dédaignées. Je désire néanmoins non les réfuter, cela regarde les philosophes, mais montrer qu'elles manquent de toute base scientifique.

J'ai établi, dans les chapitres qui précèdent, que :

a) Dans la moelle il y a des centres *inconscients* de sensibilité et de mouvement (actes réflexes);

b) Dans le cerveau des centres de sensibilité et de mouvements *conscients*;

c) Et que quelques-uns de ces centres semblent avoir pour fonction de présider à l'activité de tel ou tel organe.

Précédemment j'avais établi, d'une façon plus générale, que le développement et l'intégrité de l'intelligence sont liés au développement et à l'intégrité du cerveau, sans prétendre toutefois, ce qui serait trop souvent contredit par les faits, que toute lésion cérébrale entraîne une déchéance ou un trouble parallèle de l'intelligence.

J'ajoute que tout s'accorde pour démontrer qu'une activité intellectuelle plus intense entraîne une circulation cérébrale plus active et une exagération des combustions organiques; (exp. de Byasson sur l'augmentation du chiffre de l'urée pendant le travail intellectuel) et inversement, que l'état de la circulation et la composition du sang influent sur les fonctions cérébrales qui sont suspendues, activées, troublées, suivant qu'il y a anémie ou hypérémie du cerveau, ou altération du sang (empoisonnements, anesthésie, narcotisme). Enfin des expériences très positives montrent que les émotions morales subites influent sur la température du cerveau (1).

Quoique le fait ne soit pas scientifiquement démontré nous pouvons même admettre qu'il existe dans les hémisphères une zone intellectuelle, comme il y a une zone sensitive et une zone motrice (2).

(1) Si dans le cerveau d'un chien trépané on plonge deux aiguilles thermo-électriques, en rapport avec un thermo-multiplicateur de Ruhmkorff, on constatera que les impressions diverses que subira le chien donneront lieu à une élévation ou à un abaissement de température.

(2) L'analogie et les faits pathologiques rendent cette opinion probable :

Tous ces faits étant admis suffisent-ils pour expliquer par l'organisation seule les phènomènes psychiques? Poser la question c'est la résoudre.

De tout ce qui précède il n'y a qu'une conclusion à tirer, admise de tous avant même les récents travaux; c'est que d'une part les centres nerveux, et plus spécialement le cerveau, sont indispensables à la manifestation de l'activité intellectuelle, et que d'autre part les actes nerveux s'accompagnent, comme tous les autres actes organiques, de modifications dans la circulation, dans les combustions, dans la température, etc.

On se trompe étrangement lorsqu'on croit avoir déterminé pourquoi l'homme pense, pourquoi il sent, pourquoi il agit, parce qu'on connaît qu'en détruisant telle ou telle partie du cerveau on abolit, à volonté, l'une ou l'autre de ces facultés, parce qu'on prête aux éléments nerveux des propriétés fondamentales que rien ne démontre : la *sensibilité*, la *phosphorescence organique*, l'*automatisme* (Luys).

Ce sont là des mots destinés à cacher l'ignorance et trompant ceux mêmes qui les emploient, mais ce ne sont pas des explications. Quel est l'esprit un peu familier avec les questions philosophiques qui confondra la sensibilité organique dont les cellules sont douées avec le phénomène de conscience qui porte le même nom? Quel est, je ne dis pas le philosophe, mais l'homme un peu réfléchi qui acceptera comme une explication suffisante de la mémoire la *phosphorescence organique?* Avec la meilleure volonté on ne peut voir là qu'une image, mais point une explication. Et enfin qui, même parmi les matérialistes, pourra accepter l'*automatisme*.

L'auteur ne me semble pas avoir suffisamment réfléchi à la portée du mot qu'il emploie et à la doctrine que ce mot

certaines lésions cérébrales, en effet, amènent exclusivement des troubles moteurs, d'autres des troubles sensitifs ; pourquoi n'amèneraient-elles pas seulement des troubles psychiques? Ce qui le ferait croire, c'est que certaines lésions cérébrales très étendues ne donnent lieu à aucun trouble intellectuel, tandis que dans certains cas de folie on trouve des lésions peu apparentes.

implique. « L'automatisme, dit-il, exprime les réactions spontanées de la cellule vivante, laquelle se met *motu proprio* en mouvement et traduit d'une façon inconsciente et automatique les états divers de sa sensibilité mise en émoi (1). » Etait-ce vraiment la peine de refuser la spontanéité à tout être vivant, de la refuser surtout à l'âme humaine, pour en doter toute cellule vivante?

Pour le savant de bonne foi qui ne veut pas sortir de son domaine et sait distinguer ce qui est démontré de ce qui ne l'est point, la question du *processus* des phénomènes psychiques n'a pas fait un pas. Sans doute il reconnaît que chaque jour les conditions dans lesquelles l'activité intellectuelle se manifeste sont mieux analysées, mais il ne saurait confondre, comme on le fait malheureusement si souvent, les conditions des phénomènes avec leur cause et, de ce qu'il sait qu'une sensation doit avoir telle intensité pour être perçue, qu'elle met tant de temps à cheminer de la peau au cerveau, qu'elle amène tel changement thermique et circulatoire au centre où elle arrive, il ne conclut rien quant à sa nature. Nous avons tous eu à résoudre le problème fantaisiste qui consiste, étant donnés la longueur d'un navire et la hauteur d'un mât, à trouver l'âge du capitaine. Eh bien! quoique cela paraisse singulier, c'est une solution du même ordre que poursuivent les matérialistes, lorqu'ils demandent à l'analyse physiologique de les éclairer sur la nature des phénomènes de conscience. Ce sont des phénomènes d'ordre absolument différent qui se superposent, mais l'inférieur ne dit rien de celui qui le domine et le règle, sinon qu'il existe.

Cela veut-il dire que les recherches sur la physiologie du cerveau doivent être dédaignées et les faits bien démontrés mis en suspicion ? Non certes, nous croyons qu'il ne peut y avoir aucune réelle opposition entre la foi et la raison, entre une vérité quelconque de l'ordre rationnel ou surnaturel et un fait bien établi. Nous nous garderons donc de redouter

(1) Luys. *Le cerveau*, pag. 64.

les faits expérimentaux, pourvu qu'ils soient sévèrement contrôlés et que surtout on ne leur attribue point une signification qu'ils n'ont pas ; au contraire, demanderons-nous, que leur nombre s'accroisse, que les conclusions légitimes qu'ils entraînent se multiplient et se précisent, le médecin et le physiologiste applaudiront. Et quant au psychologue, il n'a rien à craindre de ces progrès : plus la matière sera connue, plus éclatera à tous les yeux cette vérité qu'elle est insuffisante à donner la raison de la vie et mieux encore de la pensée.

Dr Henri Desplats,
Professeur à l'Université catholique de Lille.

BIBLIOGRAPHIE.

I.

Rapport de M. Haton de la Goupillière, *ingénieur en chef des mines, professeur d'exploitation et de machines à l'École des mines, à la Commission d'études des moyens propres à prévenir les explosions de grisou.* Paris, Dunod, 1878.

Peu de problèmes ont éveillé une sollicitude aussi légitime que celui de la sécurité des ouvriers dans les travaux intérieurs des mines de houille. C'est une question d'humanité qui, au point de vue économique, est intimement liée à l'avenir et au développement de l'industrie, en même temps qu'à la parfaite utilisation de la richesse minérale.

Dès 1783, la Société d'émulation de Liége, qui en comprenait l'importance majeure, l'avait soumise à l'examen de plusieurs de ses membres les plus autorisés. A une époque moins éloignée, en 1840, l'Académie royale de Belgique en avait fait l'objet d'un concours spécial; quatorze concurrents y prirent part, et on imprima une partie de leurs mémoires au moment où la publication du Traité d'aérage de Combes jetait les bases de cette nouvelle science.

Plus récemment encore, le gouvernement belge attirait l'attention des ingénieurs sur les divers modes d'éclairage employés, afin de vaincre l'opiniâtreté si peu justifiée avec laquelle certains exploitants, malgré la sévérité des règlements, continuent à se servir d'anciennes lampes d'une sécurité insuffisante. Une commission fut d'abord instituée par arrêté royal, en date du 16 avril 1867, dans le but d'étudier s'il n'y avait pas lieu d'autoriser, pour l'éclairage des mines à grisou, l'emploi de diverses

lampes de sûreté alimentées à l'huile de pétrole. Cette commission se trouvait encore au début de ses travaux, quand un nouvel arrêté du 20 janvier 1868 vint modifier son programme, et soumettre à l'examen de ses membres, pour préciser le degré de sécurité, les divers types de lampes alimentées, soit à l'huile végétale, soit à l'huile minérale.

Les résultats longtemps attendus de ces recherches ont motivé l'arrêté royal du 17 juin 1876, aux termes duquel la lampe Muescler-type était seule permise, quelques rares modifications de ce système peuvent cependant être tolérées exceptionnellement. Cette ordonnance promulguée au moment où l'on procédait à l'ouverture de l'Exposition d'hygiène et de sauvetage de Bruxelles, accentuait encore l'intention formelle de l'administration et préludait aux recherches nouvelles dont la sécurité des charbonnages ne pouvait manquer d'être l'objet.

Vers cette époque, l'opinion publique avait été vivement affectée par deux sinistres dont nous garderons longtemps le souvenir, arrivés, l'un aux charbonnages de Marihaye (1) dans la nuit du 13 au 14 novembre 1875, l'autre au puits n° 2 de la Société des charbonnages belges à Frameries (2) le 16 décembre de la même année. La catastrophe du puits Jabin de Saint-Étienne vint leur ajouter un douloureux complément. Dans ces travaux, qui avaient déjà été précédemment le théâtre d'un accident des plus meurtriers, un coup de feu survenu le 5 février 1877 foudroyait 189 victimes, dont plusieurs n'ont pas encore pu être remontées au jour.

Ce dernier accident fut probablement l'origine de la proposition faite par M. Paul Bert, à la chambre des députés de la République française dans la séance du 26 mars 1877, et de la loi qui s'ensuivit, instituant une commission spéciale, *chargée d'étudier les moyens propres à prévenir les explosions de grisou dans les mines de houille.*

La commission, nommée dans le Journal Officiel du 8 janvier 1878, chargea trois de ses membres de résumer dans un mémoire spécial l'état actuel de nos connaissances relatives au grisou et aux explosions qu'il peut déterminer.

L'étude remarquable que nous avons sous les yeux vient d'être publiée par son savant rapporteur, M. Haton de la Goupillière, ingénieur en chef des mines, et prélude dignement aux travaux de la commission.

Ce travail se divise en trois parties que nous analyserons successivement.

I. Étude du grisou en lui-même.
II. Moyens préventifs employés contre le grisou.
III. Moyens employés pour remédier aux accidents.

(1) 60 ouvriers furent tués par cette explosion.

(2) Cet accident qui coûta la vie à 112 ouvriers, arriva vers neuf heures du matin dans la couche Cinq Paumes, exploitée en plateure au niveau de 540 mètres. On ne put jamais le rapporter à une cause certaine, ni savoir s'il provenait d'une mine exceptionnellement permise à la coupure de la taille inférieure, d'une lampe défectueuse ou d'une imprudence d'une autre nature.

I. Le *grisou* est un mélange fort variable d'air atmosphérique, plus ou moins vicié par une série de causes complexes, et d'hydrogène protocarboné. Les propriétés chimiques de cet hydrocarbure ne laissent malheureusement entrevoir aucun moyen de s'en débarrasser facilement. D'une solubilité très faible dans l'eau, même alcaline, le gaz des marais ne possède que des affinités peu énergiques : tout au plus peut-on en signaler pour le chlore et la chaux. Par contre, en présence d'un corps brûlant avec flamme, mis en rapport avec un volume d'air convenable, il donne naissance à des phénomènes de combustion et de détonation remarquables.

Un grisou renfermant 3 pour cent d'hydrogène protocarboné se révèle déjà fort facilement à la lampe Mueseler par l'allongement et l'auréole bleue de la flamme. Vers 7 et 8 pour cent la flamme de la lampe indique un allongement notable, une auréole fort épanouie et quelques crépitations. L'explosion accuse cependant son maximum d'énergie quand la proportion de gaz explosif constituant le mélange est d'environ 12 pour cent.

La vitesse d'inflammation du mélange détonant, étudiée avec soin par M. Mallard, ingénieur en chef des mines, dépend naturellement de la proportion des carbures hydriques qui le constituent; le maximum de cette vitesse paraît être de $0^{m},560$ par seconde, et correspondre à une proportion de 0,108 de gaz inflammable dans un volume de mélange.

La densité du grisou dépend de la quantité d'hydrogène protocarboné (0,558) qui le compose, mais elle est en tous cas notablement inférieure à celle de l'air (1,290) dans les mêmes conditions de température et de pression.

Il résulte de cette propriété physique une difficulté toute spéciale pour noyer le gaz inflammable dans un volume d'air convenable, et même après ce mélange, si la vitesse du courant subit sur un long parcours une réduction très importante, il peut s'opérer une liquation. Le même phénomène pourra se produire si le courant qui avait une direction ascensionnelle descend dans une galerie fort inclinée ou d'assez grandes dimensions. L'on n'aura donc pas tout avantage à exagérer au delà d'une certaine limite les dimensions des retours d'air. Nous pourrions citer les faits les plus péremptoires à l'appui de cette assertion.

Pour ce qui concerne enfin l'action exercée sur l'organisme par le grisou, nous rappellerons que ce gaz, impropre à entretenir la respiration, n'est cependant pas toxique; les accidents provoqués par un séjour dans une atmosphère de cette nature sont donc bien moins graves que ceux déterminés par l'acide carbonique et surtout par l'oxyde de carbone.

Une question du plus haut intérêt est celle de *la pression* sous laquelle le gaz inflammable est confiné dans les pores du carbone.

Il est certain que cette pression est considérable; le sifflement caractéristique, qui accompagne son dégagement quand une surface vierge est mise à nu, suffit déjà pour l'accuser. Dans une houille capable de dégager à froid deux à trois fois son volume de gaz, la pression qui l'y maintient ne serait pas inférieure à 200 et 300 atmosphères, en supposant que les

pores qui le recèlent ne représentent que 2 à 3 pour cent du volume total. Le calcul ne se prête que fort imparfaitement à ce genre d'appréciation. Il est cependant certain que la pression est, non-seulement très considérable, mais aussi très variable, du moins pour la houille.

L'analyse optique a permis de découvrir, dans divers minéraux, des bains microscopiques de liquides essentiels (1), et même des bulles d'acide carbonique (2) emprisonnées sous des pressions énormes entre les lames des cristaux.

Un fait paraît également avéré depuis longtemps, c'est que le gaz inflammable préexiste dans la houille; ce n'est que dans des circonstances tout à fait exceptionnelles qu'il peut se former en minimes quantités. L'opinion contraire a eu cependant de zélés défenseurs (3) : sa tension correspond donc aux conditions de sa fossilisation.

Cette manière de voir trouve une confirmation manifeste dans la présence de *poches de grisou* et de *soufflards,* qui se rencontrent surtout dans certaine partie du Borinage avec une fréquence alarmante.

M. Haton rappelle que la plus grande partie du grisou se dégage au moment où de nouvelles surfaces de charbon sont mises à découvert dans les chantiers d'abatage; toutefois, ce dégagement continue encore dans la suite, mais avec une intensité décroissante et assez variable. Une température de 100° est en général insuffisante pour extraire de la houille tous les produits gazeux qu'elle contient; même à 200° et 300°, l'on en retire encore. Il arrive enfin qu'une exposition prolongée à l'air produit une altération telle qu'une distillation à une température de 300° ne provoque plus guère de dégagement gazeux.

Une observation remarquable est due à M. de Marsilly : c'est que, soumis à l'action de la chaleur, les produits des couches fort grisouteuses fournissent de l'hydrogène protocarboné; tandis que ceux des exploitations où l'on ne rencontre guère le grisou ne dégagent que de l'azote.

Les *variations barométriques* sont, dans beaucoup de cas, en corrélation intime avec les dégagements du gaz inflammable.

Dans un grand nombre d'exploitations, il y a coïncidence parfaite et permanente entre les diminutions de la pression atmosphérique et l'affluence du grisou.

Sans doute, cette baisse de pression ne peut exercer qu'une influence bien faible sur les dégagements de grisou qui ont lieu par suite des nouvelles surfaces de charbon découvertes, mais elle fait affluer dans les travaux un volume considérable du gaz contenu dans les remblais, où il obéit à toutes les variations de la pression atmosphérique.

(1) *Mémoire sur les caractères minéralogiques et stratigraphiques des roches dites plutoniennes*, par MM. Ch. de la Vallée Poussin et Renard S. J. — Les enclaves des porphyres de Quenast et de Lessines, auxquelles on peut attribuer la forme d'un ellipsoïde de révolution, renferment de l'eau saturée de chlorure de sodium avec des cristaux cubiques de sel gemme, p. 43.

(2) Même ouvrage, p. 38. Il résulte d'une découverte de Vogelsang que des enclaves de quartz renferment de l'acide carbonique.

(3) Mémoires de M. Bischoff.

Une mine grisouteuse représente en effet un réseau de voies de communication séparées par des massifs de remblais, résidus charbonneux ou pierreux de nature plus ou moins friable, encaissés dans des terrains dégageant souvent eux-mêmes du gaz : ces voies aboutissant aux tailles en activité sont en partie remblayées au fur et à mesure de leur abandon, de même que les chantiers qu'elles ont desservis et où le bourrage des remblais est loin d'être parfait. L'ensemble d'une exploitation constitue donc un vaste récipient d'où peuvent se dégager des volumes de gaz énormes.

M. Firket, ingénieur des mines (1), a eu l'occasion, dans un cas particulier relatif à des travaux assez anciens, d'apprécier la capacité pour l'eau des vides créés par l'exploitation houillère ; le chiffre obtenu a été 0,30. Dans un grand nombre de circonstances, et surtout pour des travaux récents effectués dans des couches en dressant, ce chiffre serait inférieur à la réalité.

A ce sujet, M. Haton, considérant d'après M. Soulary une exploitation présentant des vides qui atteignent 50,000 mètres cubes, observe qu'une diminution de pression évaluée par une colonne de mercure de 15 millimètres de hauteur, aura pour résultat de dilater le volume précédent de 1000 mètres cubes, volume qui sera rejeté dans les travaux. Encore ce résultat est-il trop faible selon toute probabilité.

Un charbonnage de moyenne importance, réalisant avec deux cuves une production annuelle de 1,500,000 quintaux, devra déhouiller un volume minimum de 100,000 mètres cubes, correspondant à un vide de 30,000 mètres cubes qui restera disponible si nous admettons le chiffre de 0,30 vérifié par M. Firket.

Il serait assurément impossible de nier l'influence néfaste exercée par les variations barométriques ; il suffit pour s'en convaincre, de placer en regard des accidents signalés les valeurs correspondantes de la pression atmosphérique ; dans un grand nombre de cas il y a une coïncidence surprenante. Les indications des registres barométriques tenus avec tant de soin dans les houillères anglaises confirment d'une manière éclatante ce rapprochement.

M. Haton examine ensuite une question d'une importance capitale, qui a été fort controversée jusque dans ces derniers temps : *l'influence des poussières de charbon* tenues en suspension dans l'atmosphère de certaines mines.

Signalée d'abord en 1845 par Faraday, en 1855 par M. du Souich alors ingénieur en chef des mines de Saint-Étienne, cette question paraît avoir été l'objet d'observations décisives dans ces dernières années. Divers sinistres arrivés dans les bassins de Saône-et-Loire (2) et de la Loire ont depuis dix ans concentré l'attention sur le rôle de ce nouvel agent.

Rappelons d'abord que dans plusieurs circonstances où l'on a cru pou-

(1) Firket. *Capacité pour l'eau des vides dus à l'exploitation houillère.* Revue universelle, tome XL, p. 373.

(2) Burat. *Cours d'exploitation des mines*, p. 247.

voir accuser ces pulvérins des coups de feu qui se sont produits, il s'agissait de houilles maigres à longue flamme, fort inflammables, renfermant jusque 17 et 18 pour cent d'oxygène (1). Après l'explosion, les boisages, les parois des galeries, les corps des victimes étaient souvent couverts d'une mince couche de pulvérin rappelant la composition du charbon du gite, partiellement transformé en coke : l'on ne pouvait donc douter de son intervention pour accroître l'énergie de l'explosion.

Après les sinistres, l'atmosphère de la mine était du reste chargée d'une quantité d'acide carbonique que la combustion du grisou était absolument impuissante à fournir.

Cette influence a été évaluée par les ingénieurs les plus autorisés (2), et dernièrement même dans des expériences de laboratoire (3).

Il est donc bien certain que fréquemment ces poussières charbonneuses, dans un état de ténuité extrême, ont pu accroître l'intensité et les ravages des explosions; mais il répugne à beaucoup d'ingénieurs d'admettre que ce nouvel agent puisse à lui seul provoquer une explosion importante en l'absence complète du grisou.

Le moyen recommandé pour prévenir les accidents résultant de ce nouveau chef, est de pratiquer un arrosage et un balayage soigneux des galeries où la circulation est la plus active.

II. La seconde partie concerne les moyens préventifs employés contre le grisou, et en particulier la ventilation, les précautions usitées pour l'éclairage, etc.

La *ventilation* ayant pour but de fournir en un point quelconque de la mine un volume d'air suffisant, dans des conditions convenables de température et de pureté, il faudra d'abord que le renouvellement soit assez actif pour combattre les causes qui déterminent l'échauffement du courant. M. Haton admet aussi, avec plusieurs auteurs, que l'air ne doit pas être appauvri en oxygène de plus de 1,5 pour cent; nous avons cependant pu constater que souvent le double de cette proportion était dépassé en pratique.

Le volume d'air nécessaire, pour qu'une exploitation se trouve dans de bonnes conditions de salubrité et de sécurité, est sans doute très variable; il semble même difficile de le fixer *a priori*.

L'administration exige néanmoins en Belgique, pour les exploitations grisouteuses, une circulation utile de 5 mètres cubes par seconde, pour 1000 hectolitres extraits par jour. En réalité, il n'y a qu'un nombre restreint d'exploitations qui se trouvent dans des conditions aussi favorables; mais sous ce rapport, nous n'avons absolument rien à envier aux pays voisins.

(1) Burat. *Supplément du cours d'exploitation des mines*, p. 103.

(2) Communication faite par M. Hilt à la section des ingénieurs allemands d'Aix-la-Chapelle, 1873.

(3) *Influence de la poussière de charbon sur les explosions de grisou*, par W. Galloway. Traduction de E. Eich.

La vitesse de circulation du courant qui est en relation intime avec le volume débité, ne devra pas non plus dépasser une certaine limite, quoique les lampes Mueseler-type (1) dans un courant renferment 11 1/2 pour cent de gaz inflammable, aient seulement été reconnues dangereuses pour une vitesse de 6 mètres par seconde, tandis que pour des vitesses de 3 à 4 mètres elles sont inoffensives. Dans les mêmes conditions, la lampe Davy cesse d'être sûre pour une vitesse de $1^{m}80$ à 2 mètres. En résumé, une vitesse moyenne de $0^{m}80$ à $1^{m}00$ paraît très favorable.

La direction de la marche de l'air devra être ascensionnelle, de façon à tirer partie de la tendance du courant à s'élever par suite de sa diminution de densité, et à s'opposer à toute liquation de gaz inflammable. La subdivision de l'air, utilisée sur une vaste échelle, permettra aussi, tout en réduisant le travail de la ventilation, une distribution judicieuse et une utilisation parfaite du volume débité.

Une ingénieuse innovation, due à Mr Guibal, pour apprécier le résultat général de la ventilation, c'est la *notion du tempérament* qui exprime le rapport existant entre le carré du volume débité évalué en mètres cubes et la dépression exprimée en millimètres d'eau. Une idée analogue, celle de l'*orifice équivalent* (2) a été réalisée par Mr Daniel Murgue, ingénieur des mines de Bességes; mais elle ne nous paraît pas susceptible d'applications théoriques aussi étendues. Pour le calcul de ces intéressantes expressions, les volumes débités sont jaugés en général avec un anémomètre Biram, et les dépressions mesurées à l'aide d'un manomètre à air libre, ou à l'aide d'un baromètre différentiel.

Entre les divers moyens utilisés pour provoquer la ventilation, l'*aérage naturel* présente certainement des avantages incontestables ; mais, sans vouloir insister sur ce point, nous rappellerons que ses effets sont très limités, souvent insuffisants, et qu'à certaine période de l'année, le renversement du courant peut amener des inconvénients sérieux. Les *foyers d'aérage*, encore assez employés en Angleterre, sont capables de donner également de bons résultats dans des mines d'excellent tempérament et pour des bures de très grande profondeur : ces appareils créent cependant une cause permanente de danger dans des mines fort grisouteuses. La *ventilation mécanique* peut seule se flatter de résoudre avec sûreté et économie le problème d'un bon aérage.

Parmi les appareils les plus en renom, les ventilateurs à force centrifuge de MM. Guibal, Lambert, Harzé, les pompes rotatives de MM. Lemielle et Fabry, ont acquis depuis de nombreuses années une réputation bien méritée.

Tous ces appareils *agissent en général par aspiration* ; ce mode se combine parfaitement avec les exigences d'un aérage rigoureusement ascensionnel ; de plus, aucune partie du courant qui a traversé les chantiers d'abatage ne circule sur une fraction considérable ou très active du

(1) *Annales des travaux publics.* 1873.

(2) *Bulletin de l'industrie minérale.* Congrès de Douai. Juin 1876.

personnel; enfin, on évite aux abords de la bure d'extraction l'emploi de clapets de fermeture et, près des accrochages, la présence de portes multiples entravant l'activité des manœuvres. La *ventilation par refoulement* permettrait sans doute de réaliser une faible économie de force motrice, mais ce serait une illusion de croire qu'elle contribuera à restreindre l'affluence du grisou, ou à maintenir le gaz inflammable dans les remblais; car, « la dépression produite au fond des travaux par les ventilateurs est ordinairement très faible par rapport aux variations de la pression atmosphérique; en supposant, par exemple, cette dépression égale à 0,010 d'eau, elle ne représente qu'une diminution de la colonne barométrique d'environ 7/10 de millimètre de mercure (1). »

A côté des moteurs à force centrifuge ou à capacité variable dont nous venons de dire un mot, prennent rang divers appareils ou *procédés de ventilation*. Plusieurs de ces systèmes se recommandent par des dispositions très ingénieuses, ou peuvent être considérés comme excellents à titre d'appareils de secours; mais aucun ne peut prétendre à un emploi presque exclusif sur une vaste échelle. En outre, tous pèchent en général sous le rapport de l'économie, et plusieurs même au point de vue de la sécurité

Une injection d'eau très considérable dans le puits d'arrivée d'air, pourra fournir un appoint précieux après un accident par exemple; comme moyen courant d'aérage, elle constituerait un système peut-être efficace, mais à coup sûr très dispendieux. Dans bien des cas, l'injection instantanée d'un volume énorme pourra aussi créer une cause d'accident en exagérant tout à coup la vitesse de l'air dans les travaux.

Par contre, les jets d'air comprimé à l'intérieur de la mine, les jets de vapeur au jour, peuvent alimenter les *excellents éjecteurs Körting*, et donner des résultats pratiques assez satisfaisants. Il est même à présumer que l'emploi de la vapeur à très haute pression améliorerait notablement le rendement de l'éjecteur Körting, tel qu'il a été appliqué à plusieurs exploitations de la province de Liége. D'autres moyens, tels que les chasses de grisou imaginées par Mr Laur, ou le ventilateur antigrisou de Mr Favet, sont des idées sur lesquelles l'expérience aura à se prononcer.

Nous pourrions de même passer sous silence et nous dispenser d'évoquer le souvenir de l'emploi meurtrier des pénitents, de l'usage des lampes éternelles, des étincelles électriques, des absorbants de différente nature, si de prétendus novateurs ne voulaient sans cesse nous ramener à des inventions d'un autre âge. Ces moyens sont en général insuffisants ou dangereux.

Le remède le plus efficace à appliquer à cette situation est, sans nul doute, d'adopter une *disposition de travaux bien judicieuse au point de vue de l'aérage*. Tout d'abord, l'on procédera avec tout le soin qu'exige l'importance de la question pour *diviser* et *subdiviser le courant d'air*.

(1) *De l'aérage des mines et des ventilateurs à force centrifuge*, par E. Harzé, ingénieur des mines, p. 8.

Ainsi les portes d'aérage seront exécutées avec précision; les vides qui séparent leurs châssis des terrains encaissants seront bourrés d'argile ou comblés de maçonnerie.

Dans toutes les communications un peu importantes, quand les portes doivent être ouvertes fréquemment ou durant un temps notable, l'emploi de deux portes sera de rigeur, l'espace qui les séparera constituera un sas.

L'usage de portes de secours est aussi à conseiller, quoique l'on signale bien peu d'accidents où l'on ait pu en tirer bon parti.

Les conduites d'air en tôle ne seront tolérées que pour les travaux préparatoires : ces conduites ont ordinairement 0^m30 à 0^m40 de diamètre; depuis peu, on les emploie de 0^m60, reliées par des manchons en caoutchouc; on ne peut qu'approuver cette heureuse innovation. Dans le cas d'un dégagement de grisou très important, il sera bon de faire usage de *conduites aspirantes;* il est au contraire préférable de leur faire *fouler* l'air, si le dégagement est peu considérable ou lorsqu'on a lieu de prévoir des dégagements instantanés.

Quelquefois, on pourra tolérer provisoirement des refendages en maçonnerie formant « Kernés » pour le creusement des galeries de grande longueur, sans cependant se dissimuler que ces cloisons peuvent déterminer les plus graves sinistres en cas de coup de feu ou d'éboulement.

Les remblais jouent aussi un rôle trop méconnu dans la conduite de l'air. Le travail à veine et le coupage des voies fournissent en général deux espèces de remblais : les uns charbonneux ou terreux, menus, poussiéreux, peuvent constituer un barrage de fin-stappe relativement très étanche, et s'opposer aux filtrations d'air; les autres, pierreux, résistants, permettant de construire d'excellents murets en pierres sèches, contribuent à la résistance des galeries et contiennent les remblais plus friables.

Pour ce qui concerne les tracés des courants d'air, nous rappellerons que l'aérage devra être *rigoureusement ascensionnel* quel que soit le système d'exploitation adopté.

Lors de l'exécution d'un *montage en veine* destiné à établir un circuit d'aérage, travail pour lequel il faut de toute nécessité souscrire à une descente d'air, l'emploi de la poudre devra être strictement interdit, non seulement dans le travail au charbon, mais aussi le plus souvent dans celui de l'exhaussement des galeries. Le courant d'air ne devra pas être inférieur à 40 litres par seconde et par ouvrier; enfin, tout travail devra être provisoirement suspendu lors de l'apparition du grisou. Ces conditions ne sont autres que celles imposées le plus souvent par l'administration des mines belges, pour l'exécution de ces travaux dangereux.

Durant le travail ordinaire de l'abatage de la houille, les tailles seront aussi toujours disposées de manière à éviter la formation des poches de grisou, et l'on proportionnera autant que possible le nombre de tailles au volume d'air dont on dispose et à l'affluence de gaz inflammable.

Nous ne pouvons nous abstenir de signaler une proposition appartenant à cet ordre d'idées et due à l'initiative de M. Tournaire. Dans le but

d'obvier aux filtrations d'air à travers les remblais, ce savant ingénieur conseille, pour l'exploitation des couches puissantes, de ménager au retour de l'air une galerie spéciale, séparée des remblais de la tranche exploitée par une stampe de charbon suffisante, ou creusée dans le mur de la couche ou dans une couche voisine. Cette même idée pourrait être appliquée en prenant sous la voie principale de roulage une voie en défoncement, séparée de la précédente par une planche de charbon, ou mieux, par une épaisseur convenable de remblais bourrés avec le plus grand soin.

La question des filtrations d'air nous amène à rappeler les idées mises en avant pour *le drainage des anciens travaux et la décantation du grisou* qu'ils recèlent.

Sans doute, à l'aide de conduits en pierres sèches, de trous de sonde, etc., on pourra souvent soutirer une quantité de gaz assez importante ; mais ces procédés n'ont pas, croyons-nous, dans beaucoup de cas l'importance et les avantages qu'on leur attribue.

Il est vrai que certain épanchement de gaz inflammable pourra avoir lieu lors d'une baisse barométrique prononcée ; mais *une bonne disposition d'ordre intérieur*, l'usage aussi restreint que possible du tirage à la poudre, même dans les travaux à la pierre, et enfin un *bon aérage*, pourront facilement conjurer ces menaces de danger.

Après le tirage à la poudre, qui a probablement provoqué plus des trois quarts des explosions de grisou, *l'éclairage* est une question sur laquelle s'est toujours concentré le plus vif intérêt ; et nous en voyons chaque jour la preuve ; car, même dans ces derniers temps, il semble qu'il n'y ait guère de directeur de charbonnage qui ne se soit piqué de vouloir innover dans cette matière. Il s'agit, en effet, d'une affaire de sécurité sur laquelle viennent se greffer des considérations d'économie, de facilité d'exploitation, etc. Ainsi une abondante lumière distribuée dans les chantiers d'extraction permet aux ouvriers de mieux apercevoir les dangers que leur crée la nature ébouleuse des terrains, de mieux diriger leur travail et d'opérer plus facilement le triage des pierres lors de l'abatage du charbon.

Nous ne signalerons ici que pour mémoire, et pour son seul intérêt historique, l'usage aujourd'hui légendaire du « rouet à silex, » du « phosphore de Canton, » et la proposition récente et inacceptable d'alimenter les lampes à l'aide d'une canalisation d'air comprimé, pour nous arrêter à l'éclairage électrique et aux lampes de sûreté proprement dites.

L'éclairage électrique, quoique s'abritant sous l'autorité de savants du plus haut mérite, et paraissant irréprochable au point de vue de la sécurité, se prête fort imparfaitement aux exigences des houillères, où les sources de lumière sont essentiellement mobiles ; il représente en outre un ensemble compliqué et très coûteux. Toutefois en cas de sauvetage, il peut offrir des avantages très sérieux, en permettant de pénétrer dans des milieux irrespirables ou délétères.

Il n'y a en réalité que *la lampe « dite de sûreté »* qui puisse répondre aux exigences de la sécurité et aux conditions générales d'un bon éclai-

rage. Due à l'illustre Davy, elle ne se constituait en principe que d'une lampe ordinaire dont le réservoir et la flamme étaient entourés d'un capuchon cylindrique en toile métallique. Mais sous cette forme, elle ne présentait qu'une sécurité incomplète et douteuse, défauts que son auteur lui-même ne se dissimulait pas. Du reste, les nombreux accidents qui ont surgi après son emploi ne l'ont que trop démontré. Un séjour quelque peu prolongé dans un milieu de gaz inflammable faisait rougir le tissu métallique qui perdait ses qualités protectrices; une vitesse de 2 mètres à $2^{m}25$ au plus, imprimée à un mélange susceptible de détoner, compromettait aussi sa sûreté. Enfin, il n'était guère difficile de faire sortir la flamme en dehors de la lampe, il suffisait pour cela de la pencher et d'aspirer la flamme à l'aide d'un de ces fétus de paille dont on se sert encore trop fréquemment pour amorcer les mines.

Les types de lampes d'Upton et Roberts, de M. du Mesnil, etc., qui surgirent ne présentèrent pas d'avantages bien nets sur celle de Davy, quoiqu'elles fussent douées d'un pouvoir éclairant plus satisfaisant, parce que la flamme y était entourée d'une enveloppe de cristal.

Il était réservé à l'ingénieur Mueseler de créer une lampe remarquable par sa simplicité et sa sûreté. Cet appareil si connu, dont la description et le détail ne peuvent trouver place ici, se distingue par son pouvoir éclairant considérable, par sa sécurité, et, surtout à ce point de vue, par sa sensibilité, la lampe s'éteignant rapidement dans un mélange explosif. Cet avantage, obtenu par l'emploi d'une cheminée intérieure en tôle, crée cependant un petit inconvénient bien connu des praticiens : la lampe s'éteint avec une grande facilité quand on l'incline par suite de la diminution de tirage de la cheminée.

Cette lampe, d'un emploi actuellement obligatoire dans les charbonnages belges, a été, concurremment avec un grand nombre de types de lampes, l'objet d'expériences comparatives (1) qui n'ont fait que consacrer sa supériorité.

Nous nous dispenserons de parler ici d'un nombre très considérable de lampes de sûreté proposées dans ces dernières années, et qui ont figuré, pour la plupart, à l'Exposition d'hygiène et de sauvetage de Bruxelles en 1876; nous nous bornerons à citer les noms des lampes Mueseler-Godin et Mueseler-Joassin dont le mérite n'est guère inférieur à celui de la lampe Mueseler-type et qui ne présentent pas au même degré l'inconvénient de s'éteindre aussi facilement quand on les incline.

Le *mode de fermeture* des lampes paraît aussi avoir largement exercé l'imagination des inventeurs. Le plus souvent cependant, la fermeture se fait à l'aide d'une simple vis exigeant pour sa manœuvre l'emploi d'une clef parfois très difficile à contrefaire.

Un contrôle sérieux de l'état des lampes fait par le lampiste, une visite minutieuse au début et à la fin de la journée, et l'application de peines sévères en cas de tentative d'ouverture, permettent de conjurer bien des accidents que des systèmes de fermeture plus compliqués sont loin d'écarter d'une façon complète.

(1) *Annales des travaux publics*, 1873.

Ce serait une erreur de croire que l'emploi d'une lampe implique toujours une source de danger; un appareil de ce genre permettra aussi de constater la présence de l'ennemi et d'écarter les chances d'explosion. Nous avons déjà fait observer que la flamme grandissait et présentait une teinte bleue caractéristique quand l'atmosphère renfermait 3 pour cent d'hydrogène protocarboné; ces indications ne font que s'accentuer jusqu'au moment où le gaz inflammable entrant pour une proportion de 18 pour cent dans le mélange, la lampe s'éteint.

Cependant, il ne faut pas exagérer le mérite des indications fournies dans ces conditions ; elles n'ont pas toujours une bien grande importance et exigent un œil exercé pour être appréciées à leur juste valeur.

Il y a lieu d'adresser le même reproche aux prétendus *avertisseurs* de la présence du grisou, qui ont en général le défaut de fonctionner d'une façon irrégulière, et ne donne que des indications locales et incomplètes. Le remède à cette source de danger se trouvera dans une discipline sagement organisée pour la surveillance et la direction des travaux.

Il conviendra aussi qu'un baromètre et un thermomètre soient à demeure près du ventilateur, et dans le bureau de l'ingénieur. Il existe encore un appareil qui paraît digne à tous égards d'attirer l'attention des exploitants, car il est capable de donner des indications précises entre les mains de surveillants expérimentés : c'est le *grisoumètre de M. Coquillion* (1).

III. Il nous reste à examiner les moyens employés pour remédier aux accidents. C'est bien au point de vue des exploitations souterraines qu'il est vrai de dire que la vie est une lutte incessante contre les éléments, et que chaque conquête dans ce domaine n'est que trop souvent payée par de nombreuses victimes.

Les *coups de feu* jouissent d'une réputation sinistre et bien justifiée. Les tableaux des accidents donnés par M. Haton de la Goupillière le mettent parfaitement en évidence : il en résulte qu'en moyenne, de 1860 à 1875, le rapport du nombre des ouvriers tués par explosion de grisou ou par asphyxie, au nombre total des ouvriers tués par des accidents de toute sorte, atteint pour les différentes variétés de combustible les valeurs suivantes :

houilles	0,219,
anthracites	0,218,
lignites	0,583.

Ces tableaux nous donnent un résultat apparemment paradoxal, mais cependant conforme à la vérité : ce c'est pas toujours dans les houillères exploitant des houilles plus ou moins grasses, dégageant un maximum de gaz inflammable, que l'on a dû signaler les accidents les plus désastreux. Il faut rechercher la cause de cette anomalie dans le grand nombre d'ouvriers occupés à l'extraction des houilles grasses, car cette influence tend en somme à diminuer le tantième de la mortalité

(1) *Revue universelle des mines,* IIe série. Tome III. p. 246.

attribuée aux explosions, et surtout dans le peu de précautions dont on s'est entouré dans l'exploitation des charbons maigres ou peu grisouteux, déhouillés sans soin, avec aérage insuffisant, et le plus souvent avec aérage descendant et lampes découvertes. Ces négligences, qui ne seraient pas tolérées en Belgique, sont cependant encore fréquentes en Angleterre ; aussi M. Baimbridge a été jusqu'à évaluer à 39 pour cent du nombre total des accidents les explosions produites par l'emploi de feux nus dans des mines généralement exemptes de grisou.

Malgré cela, le rapport du nombre d'ouvriers tués à celui de la totalité des travailleurs est plus grand en Belgique et en France, en dépit des perfectionnements apportés à nos modes d'exploitation, à cause de l'effet utile considérable que réalisent en Angleterre les ouvriers à veine, par suite des conditions privilégiées dans lesquelles se trouvent les gisements.

Les causes capables de déterminer des *coups de feu* sont malheureusement très nombreuses; parmi elles, nous devons signaler au premier rang, le tirage à la poudre, l'usage de lampes d'une sécurité insuffisante ou de lampes défectueuses, l'ouverture d'une lampe dans une atmosphère chargée de gaz inflammable, etc. Ces imprudences produisent des sinistres dont il est effrayant de mesurer les conséquences, et après lesquels les *moyens de sauvetage* ne sont souvent que fort restreints.

Nous avons déjà fait observer que les portes supplémentaires, destinées à remplacer celles qui seraient brisées par les explosions, n'ont guère servi en pratique; on peut en dire autant des chambres de refuge dans lesquelles les ouvriers pourraient trouver un asile momentané.

Il est par contre à conseiller de multiplier autant que possible les issues permettant au personnel non atteint de se retirer rapidement du théâtre de l'accident. Dans cette prévision, un retour d'air spécial pourra parfois être affecté à cet usage, et il sera toujours bon de placer des échelles de secours, non seulement dans les bures d'air, mais aussi dans les puits d'extraction.

Cependant, pour porter un secours efficace aux victimes proprement dites des accidents, il faut des moyens d'une autre nature.

Sans doute, le premier soin de l'ingénieur sera d'imprimer à la marche du ventilateur une vitesse maximum, et de rétablir la direction du courant d'air que les portes brisées par l'explosion ont fréquemment compromise; mais il restera la nécessité de pénétrer sur le champ dans des galeries infectées d'acide carbonique et de gaz inflammable.

Il faut bien l'avouer, malgré les progrès réalisés dans cette voie durant ces dernières années, et le zèle bien louable apporté au perfectionnement des aérophores par divers ingénieurs du plus haut mérite, il reste encore beaucoup à faire avant de posséder des appareils complets et satisfaisant à toutes les exigences.

Peu de dispositifs permettent un séjour dépassant une demi-heure dans une atmosphère délétère, et dans certains cas, l'on ne peut s'éloigner qu'à une distance fort restreinte du point de départ à cause de la longueur des conduites et de la complication du matériel.

Le tube respiratoire de M. Tyndall, de même que l'ancien appareil de

M. Galibert, pourra, dans le cas de sauvetage à faible distance, rendre quelques services. Toutefois les dispositifs appelés à se généraliser le plus avantageusement sont l'aérogène de M. Schwann ainsi que l'aérophore Rouquayrol-Denayrouse, et celui de M. Fayol. Ce dernier a été fort apprécié dans divers accidents arrivés aux houillières de Commentry.

Aux coups de feu viennent encore se joindre *les incendies*, qui, moins funestes que les explosions, sont cependant une cause de dangers sérieux.

Nous ferons abstraction des incendies que l'imprudence ou la malveillance peut allumer dans les écuries des chevaux, quoiqu'ils puissent produire de graves accidents; car étant situées en général sur des voies d'arrivée d'air, le courant gazeux entraînerait dans les travaux un volume d'acide carbonique considérable. Mais on peut éviter ce danger en choisissant l'emplacement des écuries de telle façon que l'ouverture d'une simple porte les fasse communiquer immédiatement par un montage ou une galerie quelconque avec la bure d'appel ou un retour d'air proprement dit. Avec cette précaution, si un incendie se déclare, l'ouverture de la porte laissera s'évacuer d'une façon inoffensive dans le troussage les produits de la combustion. Parfois, un coup de veine, un soufflard allumé, une explosion de grisou auront aussi pour résultat une inflammation des boisages et du gîte. Mais ces dangers sont plus faciles à prévenir que ceux qui proviennent de la décomposition des pyrites ou de la nature de la houille elle-même.

Les combustibles très gras et les houilles maigres à longue flamme, d'une teneur en oxygène très élevée, donnent lieu à une combustion spontanée qu'il est très difficile de combattre. Quand il s'agit simplement des produits renfermés dans les magasins ou dans les cales des navires, une disposition judicieuse des tas dans lesquels on ménagera des cheminées d'air, combinée avec l'emploi de thermomètres convenablement espacés, permettra d'obvier à temps à tout accident.

Les incendies les plus graves sont sans nul doute ceux qui se déclarent après les explosions, ou par suite de l'inflammation spontanée de certaine partie du gîte. Les remèdes usités en pareil cas ont été le plus souvent l'injection de volumes considérables d'acide carbonique, et même, en dernier ressort, l'inondation des travaux.

Dans plusieurs houillères du centre de la France sujettes à des incendies fréquents, l'on s'est vu forcé d'établir des canalisations permettant de diriger des jets d'eau sous forte pression sur tout point accusant un commencement de feu.

Tels sont, considérés dans un aperçu bien sommaire, les ennemis contre lesquels le mineur doit lutter sur le théâtre si meurtrier des travaux souterrains.

Puissent ces études, poursuivies depuis tant d'années avec un talent et un dévouement au-dessus de tout éloge, aboutir à de nouvelles découvertes, et tout en assurant la sécurité des travailleurs attachés aux exploitations minières, permettre une utilisation plus parfaite de la richesse des gîtes.

E. Vandenpeereboom, Ingénieur.

II.

L'astronomie pratique et les Observatoires en Europe et en Amérique, par C. André, P. Rayet et A. Angot. — *Cinquième partie : Observatoires d'Italie*, par P. Rayet; Paris, Gauthier-Villars, 1878, 8°.

Un de nos collaborateurs a récemment, dans cette Revue, publié un compte rendu détaillé du quatrième volume de cette intéressante publication, celui qui concerne l'astronomie dans les États-Unis d'Amérique. Le volume dont nous allons donner un aperçu ne présente pas un moindre intérêt. Le pays dont il a pour but de retracer la situation astronomique est presque une terre classique pour la science des Galilée, des Cassini, des Donati et des Secchi ; les observatoires y sont nombreux, laborieux, et si jusqu'aujourd'hui l'on n'y contemple pas un de ces établissements grandioses comme ceux de Greenwich ou de Poulkowa, la multiplicité des centres d'étude et la spécialisation des recherches y ont produit des fruits peut-être plus abondants que ceux dont un établissement central aurait doté la science astronomique

M. Rayet a visité lui-même, en 1875, la plupart des observatoires dont il parle; il est parfaitement versé dans la connaissance des méthodes et des instruments astronomiques; on peut donc s'attendre à retirer à la fois plaisir et profit de la lecture de son intéressant petit volume, dont l'exécution typographique est d'ailleurs digne de la maison Gauthier-Villars. Ajoutons qu'en dépit du funeste épisode qui créa, en 1633, une sorte d'antagonisme entre les progrès de cette belle science et les vues de l'autorité ecclésiastique, on emporte de cette lecture l'impression très vive du zèle que l'Église n'a cessé de témoigner pour les études sidérales et des progrès que ces études doivent à des religieux aussi modestes que laborieux.

Le premier Observatoire dont M. Rayet nous retrace l'histoire est celui de Turin. Fondé en 1759 par le P. Beccaria, il fut très limité dans ses ressources jusque vers 1820, époque à laquelle, Plana en ayant pris la direction, le roi Victor-Emmanuel Ier qui aimait l'astronomie, accorda une somme de 12000 fr. pour subvenir aux principaux besoins de l'établissement. Ce fut alors que l'on fit l'acquisition de plusieurs instruments fixes, d'un cercle méridien, d'un équatorial, et que l'on transporta le siége de l'Observatoire sur l'une des tours du palais Madame. Plana s'empressa de déterminer les *constantes* de son Observatoire, c'est-à-dire la longitude et la latitude, mais il fit peu d'observations, ses tendances naturelles le portant plutôt vers les théories mathématiques. Aussi, lorsqu'il mourut, comme il n'avait guère poussé ses élèves à la pratique de l'astronomie, son remplacement offrit quelques difficultés. M. Dorna, son élève, directeur actuel, qui s'est fait connaître dans le monde savant par des observations d'étoiles filantes, aspire à remettre en honneur les études pratiques et ne peut manquer d'y réussir.

L'Observatoire du collége de Brera à Milan, auquel est consacré le second chapitre, a une histoire plus accidentée et plus brillante. « C'est

en 1760 que deux lecteurs en philosophie, les RR. PP. Pascal Bovio et Dominique Guerra, désireux de s'assurer par leurs propres yeux de l'exactitude de ce qu'on leur avait enseigné sur les mouvements vrais ou apparents des corps célestes, établirent dans le Collége de Brera une lunette achromatique de 40 pieds de foyer, une sphère armillaire en fer, une horloge à pendule, et fondèrent un établissement que l'on doit considérer comme l'origine de l'observatoire actuel. L'appartement choisi pour installer ces instruments se trouvait dans la partie la plus élevée du Collége, en un point dont l'horizon sud était bien découvert et où ils n'avaient rien à craindre des importuns. Le premier soin des deux astronomes fut d'étudier les constellations, et aidés d'une *Uranographie* de Bayer, ils devinrent bientôt familiers avec les principales étoiles; leurs études menaçaient cependant de n'aboutir à aucun résultat, lorsque par un heureux hasard une comète, la comète de 1760, vint à paraître dans le ciel. Les lecteurs du Collége de Brera furent les premiers à la reconnaître à une certaine lueur pâle qui l'environnait de toutes parts, et les premiers aussi à annoncer son apparition. »

Ce début détermina le P. Pallavicini, recteur du Collége, à fournir aux jeunes astronomes les instruments dont ils avaient besoin et l'argent nécessaire pour construire un observatoire, dont le P. Boscovich, autre jésuite qui a laissé un nom illustre dans la science, traça le plan. Le P. Lagrange, qui avait travaillé à l'Observatoire de Marseille, fut appelé pour diriger celui de Brera; après lui, le P. Reggio commença la publication des *Éphémérides de Milan*. L'Observatoire était dès lors parfaitement installé et outillé; on y remarquait surtout un quadrant mural de six pieds de rayon « tout à fait remarquable pour l'époque », et un excellent équatorial de Sisson. Ce fut avec ce matériel qu'Oriani, qui dirigea l'Observatoire de 1804 à 1830, après avoir aidé Reggio dans ses recherches, éleva à son comble la réputation de l'établissement de Brera par ses travaux théoriques et ses observations, se rapportant à la planète Uranus et aux petites planètes comprises entre Mars et Jupiter. Après Oriani, l'Observatoire de Milan eut pour chefs Cesaris, Carlini dont les travaux sur la théorie de la Lune sont restés célèbres, et enfin, après la restauration de l'Observatoire de Milan, en 1862, le savant distingué qui le dirige actuellement, M. Schiaparelli. On sait qu'en 1867 M. Schiaparelli a commencé une série de travaux dans lesquels il a mis en évidence les relations entre les étoiles filantes, les comètes et les astéroïdes; montré l'origine de ces brillants météores, prévu les lois de leur apparition et tracé le programme d'une vaste étude, qu'il continue encore aujourd'hui en précisant sans cesse ses premières conclusions. A ces travaux importants qui soutiennent la réputation de l'Observatoire de Milan, il faut ajouter la détermination de la longitude de Milan en 1869, la détermination des étoiles de 1re à 11e grandeur situées entre 15° et 25° de déclinaison australe, et le remaniement presque complet des instruments : on voit aujourd'hui à Brera un équatorial de Merz dont la lunette a 212 millimètres d'ouverture et supporte facilement un grossissement de 700 fois.

M. Rayet consacre le IIIe chapitre de son livre à l'Observatoire de Florence, qui remonte à 1774. Son origine est due à la grande collection d'instruments de physique et d'astronomie que le grand duc Léopold, à cette époque, rassembla au palais Pitti. L'abbé Fontana fut chargé de commander en Angleterre les instruments astronomiques, que l'on installa à la partie supérieure d'un bâtiment très solide. Le premier directeur fut Domenico de Vecchi, auquel succéda Pons, l'habile chercheur de comètes; puis le célèbre Amici. M. Rayet nous donne une description détaillée des instruments fixes qui composent le matériel de l'établissement, description qui ne pourrait trouver place ici; puis un tableau des services rendus par Amici à la science de l'observation par ses ingénieuses inventions. On sait que la mesure angulaire des petites distances, telles que celle de deux étoiles d'un système double ou le diamètre d'une planète, s'effectuait, soit par le micromètre à fil de Picard, soit par l'héliomètre de Bouguer. « Pour faire disparaître diverses imperfections de ces instruments, Amici, en 1823, eut l'idée de transporter le système des demi-lentilles mobiles entre l'objectif et son foyer, près de l'oculaire. Dans cette position du *micromètre oculaire*, le rétrécissement des faisceaux de lumière permet d'employer des lentilles d'une moindre ouverture, où les effets de l'aberration sont moins à redouter ; la grandeur du déplacement relatif des deux lentilles, nécessaire pour séparer les images d'une quantité donnée, est d'ailleurs d'autant plus grande que leur distance à l'oculaire est plus petite, cette dernière étant, dans la pratique, fixée par la condition que le trait de séparation des deux lentilles ne doit pas intercepter une trop grande fraction des rayons convergents transmis par l'objectif. »

On doit encore à Amici l'invention de la lunette *iconantidiptique* qui, fondée sur un principe analogue, donne le moyen de constater qu'une étoile se trouve dans la direction de l'axe optique de la lunette, et cela, sans qu'il soit nécessaire d'introduire de fils dans l'oculaire, ni nécessaire, par conséquent, d'éclairer le champ.

Amici fut remplacé à l'Observatoire de Florence, en 1864, par son élève Donati, né à Pise, bien connu par l'observation de la magnifique comète qui porte son nom, mais dont les principaux titres à la reconnaissance des astronomes sont d'avoir repris l'étude du spectre des étoiles à une époque où cette question était tombée dans l'oubli, et d'avoir fait sur la célèbre éclipse du soleil en 1860 des observations d'une haute valeur. Donati eut encore le mérite de déterminer par sa persévérance la translation de l'Observatoire, jusque là plongé dans la brume lumineuse de Florence et gêné par les arbres et par les hauteurs du jardin Boboli, en un lieu beaucoup plus favorable, à l'abri du bruit et des trépidations du sol d'une grande ville. On choisit pour cela la colline d'Arcetri, près de Florence, lieu célèbre d'ailleurs par le souvenir de Galilée qui y passa les dernières années de sa vie. Cet observatoire, parfaitement construit et muni de splendides instruments, ne pouvait manquer de produire des fruits considérables sous la direction du vaillant observateur, mais le choléra enleva Donati en 1873. L'Observatoire d'Arcetri est aujourd'hui confié aux soins de M. W. Tempel.

L'antique et célèbre université de Bologne possède aussi un Observatoire, fondé au commencement du XVIIIe siècle par le comte Marsigli. Il eut pour premier directeur Manfredi, dont le nom est resté célèbre à cause de sa passion pour l'astronomie, de la fondation de ses célèbres *Éphémérides* et des résultats remarquables qu'il a obtenus avec des moyens très insuffisants. Une particularité assez curieuse de son histoire est l'assistance dévouée qu'il reçut de ses deux sœurs pour mener à bonne fin ses longs et pénibles calculs. Eustache Zanotti, élève des jésuites de Bologne, lui succéda en 1739, et grâce à son active intelligence, aux instruments excellents pour l'époque qu'il reçut du pape Clément XII, il termina un catalogue de 447 étoiles définies avec une précision remarquable et s'assura de l'invariabilité de la latitude de Bologne, qui était alors l'objet d'une question assez débattue. Après une succession de directeurs rapidement enlevés à leurs travaux, l'Observatoire de Bologne était fort déchu de sa réputation en 1845, lorsque le gouvernement pontifical, dont l'université relevait alors, y envoya J. Calandrelli, astronome consciencieux et instruit, et renouvela le matériel défectueux de l'Observatoire. Après Calandrelli, M. Respighi, que nous retrouverons plus loin à la tête de l'Observatoire du Capitole, prit la direction de la *Specola* de Bologne; Michez lui succéda. « Son successeur a été le directeur actuel de l'Observatoire, M. Alexandre Palagi, qui l'aidait déjà dans le soin des observations magnétiques et météorologiques. L'état actuel des instruments paraît l'avoir forcé à abandonner d'une manière presque complète les observations astronomiques, et l'Observatoire de Bologne n'est plus qu'une sorte de musée où la poussière et la rouille rongent quelques appareils historiques. »

Nous passerons sur les observatoires de Modène et de Padoue, bien que le dernier ait été illustré par les travaux de Santini, pour arriver aux observatoires du Collége Romain, du Capitole, de Naples et de Palerme, qui complètent dignement la couronne astronomique de la Péninsule.

« La Compagnie de Jésus, dit M. Rayet en commençant son chapitre sur l'Observatoire du Collége Romain, a, à toutes les périodes de son développement, compté parmi ses membres des astronomes théoriciens, des observateurs habiles, qu'elle envoyait dans tous les pays et sous tous les climats faire des observations utiles à la science, ou fonder des établissements astronomiques dont plusieurs ont eu un grand éclat; la plupart du temps c'était à Rome, centre administratif de la Compagnie, que ces savants avaient fait leurs études et s'étaient familiarisés avec le maniement des lunettes. Les bâtiments successifs du Collége Romain ont donc, depuis une époque éloignée, abrité des instruments astronomiques. C'est en effet au vieux Collége Romain que le P. Scheiner a recueilli les premiers matériaux de la *Rosa Ursina;* c'est dans la même maison, à l'ouest de l'Église actuelle de Saint-Ignace, que Gottignez a observé les taches de Jupiter et les apparences des comètes de 1664, 1665 et 1668; c'est encore au même point qu'Asclepi a composé ses mémoires sur l'observation des étoiles et le mouvement des comètes. Enfin, les salles actuelles du

musée Kircher ont été l'observatoire de Borgondi, et l'une d'elles renferme encore une méridienne tracée par les PP. Maire et Boscovich, à l'époque où ce dernier mesura, dans les États de l'Église, un arc de méridien de un degré (1). »

L'insuffisance des locaux où se faisaient les observations avait été ressentie de bonne heure : Boscovich proposa d'installer les instruments sur l'un des énormes piliers destinés à supporter la coupole de l'église Saint-Ignace, mais la suppression de la Compagnie de Jésus mit obstacle à ce projet (2). Joseph Calandrelli, qui occupa le Collége pendant la période de la suppression, fit construire une tour carrée qui servit d'observatoire principal jusqu'en 1848; à la même période appartiennent les travaux de Conti et de Richebach, sur lesquels M. Rayet donne des détails peu connus. En 1824, Léon XII restitua le Collége Romain aux Jésuites, et nomma pour diriger l'Observatoire un ancien élève de l'École polytechnique, le R. P. Dumouchel. Bientôt après, l'Observatoire recevait du P. Fortis la grande lunette de Cauchoix, dont le P. de Vico, successeur de Dumouchel, devait tirer si bon parti pour ses recherches sur Saturne, sur les phases de Vénus, etc... De Vico débuta par une bonne détermination de la latitude de l'Observatoire, qu'il corrigea de 2″ au moyen de 4005 observations d'étoiles. Il détermina la durée de la rotation de Vénus en observant les taches de la planète, commença ces belles études sur les nébuleuses stellaires que le P. Secchi devait continuer, découvrit en 1844 la comète appelée *comète de Vico*. Mais un de ses principaux travaux est celui qui se rapporte à Saturne, dont il étudia les anneaux avec un soin particulier, ainsi que les satellites : Saturne en a sept, qui ne sont guère que des points lumineux imperceptibles, à tel point que le sixième et le septième n'avaient pas été revus depuis Hershell armé de son immense télescope. Le P. de Vico, muni d'instruments bien plus faibles, s'épuisait en efforts pour les apercevoir, lorsqu'une circonstance heureuse lui fournit le moyen de les retrouver à volonté. La planète disparut un jour derrière une lame opaque dont le Père avait muni son micromètre, et soudain les deux satellites devinrent apparents. L'éblouissement causé par la présence de l'astre dans le champ de l'instrument était le seul obstacle qui empêchait de les voir (3).

La république de 1848 arracha Vico à ses travaux. Le P. Secchi lui

(1) M. Rayet eût pu ajouter que l'astronomie a été dignement représentée encore au Collége Romain par le P. Clavius, le P. Griemberger, etc.

(2) Je me permets de renvoyer, pour l'histoire plus détaillée de l'Observatoire du Collége Romain, à la notice que j'ai publiée sous ce titre : « *L'Observatoire de Rome et ses travaux,* » dans la *Revue catholique*, en 1860. M. Mailly, de l'Observatoire de Bruxelles, a aussi publié dans l'Annuaire de cet établissement une notice intéressante sur les Observatoires d'Italie.

(3) M. Rayet, en parlant de cette découverte de Vico, suppose qu'il s'agit d'Uranus : c'est une distraction (V. *Memorie intorno a parecchie osservazioni fatte nella specola dell' Univ. Gregor. nel Collegio Romano*, par le P. de Vico). V. aussi, pour les travaux du P. de Vico, notre notice ci-dessus.

succéda après le retour du Souverain Pontife à Rome, et eut enfin le bonheur d'exécuter le plan de Boscovich en installant l'Observatoire sur le pilier de saint Ignace, dont la section, de 48 mètres carrés, offre toute la surface désirable. Le don d'un splendide équatorial de Merz, par le R. P. Rosa, des comtes de Civita Castellana; le don de plusieurs autres instruments importants par le Saint Père, mirent le vaillant astronome en mesure d'entreprendre les vastes recherches d'astronomie physique dont il avait fait le but de ses travaux. On sait assez comment la prodigieuse activité du P. Secchi a rempli ce cadre et illustré à jamais l'Observatoire romain; ses travaux sur les étoiles doubles, sur les nébuleuses, sur les taches du soleil et sur la constitution de cet astre, sur la spectroscopie solaire et stellaire, sur la météorologie, sont connus du monde entier, et seront d'ailleurs bientôt dans cette Revue même l'objet d'une étude approfondie, ce qui me dispense d'y insister. M. Rayet résume avec quelque étendue les recherches relatives aux protubérances solaires, ainsi que celles du P. Rosa, et conclut en ces termes : « Tels sont dans leur ensemble les principaux travaux exécutés à l'Observatoire du Collége Romain depuis que le R. P. Secchi en a pris la direction. Si l'on considère que les astronomes sont peu nombreux, que souvent ils sont distraits par diverses nécessités professionnelles, on ne peut s'empêcher d'admirer les résultats qu'ils ont obtenus, et l'on voudrait que tous les Observatoires de l'Europe apportassent à l'astronomie un pareil contingent. »

L'Observatoire du Capitole, annexé à l'université de Rome par Léon XII, fut d'abord dirigé par J. Calandrelli, puis par Scarpellini; ensuite Ignace Calandrelli le reconstitua et le garnit d'instruments. C'est là qu'il exécuta ses remarquables travaux sur le mouvement propre des étoiles et de Sirius. Après lui, M. Respighi, qui dirige encore actuellement cet établissement scientifique, s'y appliqua à la scintillation des étoiles, et plus tard à l'étude des protubérances solaires par la méthode de M. Janssen. M. Respighi s'est fait un nom dans ces études, et si ses conclusions et sa théorie ne sont pas toujours d'accord avec les idées du P. Secchi, on ne doit pas moins reconnaître la valeur de ses observations et la logique de ses raisonnements.

L'Observatoire de *Capo di Monte* à Naples, honoré par les travaux de Brioschi, de Capocci et de M. A. de Gasparis, le savant et énergique directeur actuel; l'Observatoire de Palerme fondé par le célèbre Piazzi (autre élève des Jésuites et religieux théatin), enrichi par ses soins d'un des plus admirables instruments que Ramsden ait construits (un cercle répétiteur), puis plus tard illustré par les découvertes de Cacciatore et de M. Tacchini, offrent une histoire des plus intéressantes au point de vue scientifique, qu'on lira avec un vif intérêt dans l'ouvrage de M. Rayet. On aura ainsi un ensemble de notions exactes et suffisamment complètes sur le parallélisme des travaux actuellement poursuivis dans les établissements astronomiques de la Péninsule.

PH. G.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

PHYSIQUE.

—

Téléphone. — Depuis que nous avons décrit dans cette Revue le Téléphone de Gr. Bell, de très nombreuses recherches ont été faites sur cet appareil ingénieux. Nous nous bornerons à signaler les plus remarquables, celles-là surtout qui semblent ouvrir une voie nouvelle à l'interprétation du phénomène que l'instrument manifeste, et, par suite, préparer à celui-ci de très heureuses modifications.

Il est bien vrai, comme nous l'avions dit, que le courant qui actionne les aimants du téléphone est insaisissable au galvanomètre le plus délicat. L'électromètre de Thomson lui-même ne les trahirait pas; et pour faire osciller son miroir, il faut exercer avec le doigt, sur le tympan du téléphone, une pression incomparablement supérieure à celles que peuvent produire les ondes aériennes, issues de la voix ou du chant de l'homme.

Ce fait a été constaté par M. Dumoncel, et il soulève très naturellement la difficulté que voici : Comment l'action d'un courant si minime peut-elle introduire, dans l'état magnétique d'un barreau, des variations assez intenses pour ébranler une lame de tôle, fixée solidement en tous les points de son contour? De fait, le courant téléphonique est impuissant à produire un tel résultat; et il n'y a pas dans le tympan métallique du récepteur de vibration d'ensemble. Que l'on répande sur ce tympan une

mince couche d'eau ou de mercure, et l'on n'y verra pas naître le moindre frémissement, la ride la plus élémentaire. Que l'on emploie même, pour rendre l'observation plus délicate, des réflexions lumineuses, qui doubleraient l'angle d'inclinaison des petites vagues et en projetteraient une image considérablement agrandie ; rien n'apparaît encore.

Ce procédé d'expérimentation est d'une sensibilité telle, qu'il m'a permis autrefois de mettre en lumière, dans les tuyaux sonores, les vibrations de parois de plus de deux centimètres d'épaisseur, alors que l'instrument jouait sous pression d'une pouce à peine de mercure. S'il est donc vrai qu'il ne trahisse aucune trépidation dans la membrane du téléphone, c'est que la vibration d'ensemble ne s'y produit pas. Quelles sont alors dans l'appareil les vibrations qui répondent au mouvement sonore De simples vibrations moléculaires longitudinales, d'après M. de la Rive — longitudinales et transversales, d'après M. Wertheim.

Et que devient le rôle de la membrane ? Il se réduit au rôle de tout corps magnétique placé dans le voisinage d'un aimant. Il en « exalte » la puissance.

Au reste, nous allons voir que ce rôle — quel qu'il soit d'ailleurs — est fort secondaire. On peut enlever le tympan au téléphone, réduire celui-ci à l'aimant et à la bobine, et l'appareil parle !

C'est à M. W. Warwick que l'on doit cette dernière expérience ; nous allons voir comment il y fut conduit. L'aide du physicien anglais parlait au transmetteur et M. Warwick lui-même expérimentait au récepteur. La plaque de tôle est remplacée par une plaque d'étain : on entend à merveille ; une plaque de cuivre de deux huitièmes de pouce donne le même résultat ; des plaques de plomb, de zinc : également. On essaie d'une lame de verre à vitre : son net, pur et distinct ; d'une plaque de bois d'un pouce et demi d'épaisseur : son parfaitement distinct,... enfin, et comme pour jeter un défi à l'appareil, M. Warwick y met, en guise de tympan, une pierre à rasoir de deux pouces d'épaisseur. « On pouvait suivre facilement celui qui parlait. » Mais ce tympan, dont la nature est si indifférente, est-il donc bien nécessaire ? M. Warwick se le demande, et sans plus en mettre d'aucune sorte, posant l'aimant et la bobine en contact immédiat avec l'oreille, il entendit, faiblement il est vrai, mais, avec attention, il comprit fort bien son aide.

A coup sûr, ces expériences sont surprenantes. En serait-il de même du transmetteur. On pouvait prévoir que non. La pierre, le bois épais, le zinc ne conviennent pas pour transmettre la voix ; ils transmettent toutefois les vibrations d'un diapason, mais cette transmission se fait mieux sans aucun intermédiaire, en posant le diapason sur la tête même du barreau magnétique. «Bref, dit M. Warwick, j'ai réussi à transmettre les sons très distinctement, sans plaque sur le pôle ; et j'ai entendu en retour distinctement tout ce qui était dit, en plaçant mon oreille contre l'instrument, sans qu'il y eût aucune plaque. »

Et il ajoute : « Il semblerait que pour agir sur l'aimant de manière à produire des courants induits, quelque chose doit d'abord vibrer de quelque manière et être en possession de plus de force vive qu'un gaz ;

mais il ne paraît pas nécessaire que la substance soit paramagnétique, car les corps diamagnétiques agissent très bien (1). »

Téléphones à courants voltaïques. — Nous avons signalé en traitant du téléphone de Riess l'écueil devant lequel cet instrument a échoué, l'intensité toujours uniforme des courants qu'il lançait de l'un des bouts de la ligne à l'autre. Nous avons ajouté que la source du succès de G. Bell avait été la substitution des courants magnétiques, essentiellement variables et proportionnels aux variations d'état du barreau inducteur.

Il est évident que, si l'on parvenait à donner ces variations d'intensité aux courants voltaïques, on pourrait d'autant mieux les employer à transmettre la parole, que leur longue portée et leur puissance les rendrait propres à relier les stations les plus éloignées. Or, les essais que l'on a tentés dans cette voie ont parfaitement abouti.

La difficulté a été tournée. On n'a pas touché au courant lui-même, mais on l'a obligé à traverser un circuit de résistance variable, ce qui amenait le même résultat. La première idée en fut signalée par M. Bréguet (2) à l'Institut de France, le 7 janvier 1878; elle était due à Edison et avait été reprise par MM. Garnier et Polard, ingénieurs des constructions navales à Cherbourg.

Une pile voltaïque quelconque enferme dans son circuit un téléphone récepteur de G. Bell. Une partie du circuit de cette pile est formée par un crayon de plombagine, dont la résistance varie avec la pression qu'il exerce sur les éléments du conducteur en contact avec lui. Il suffira donc de faire varier ces pressions pour déterminer les variations du courant voltaïque. M. Polard y parvient en fixant, devant le centre d'une lame métallique, en communication avec l'un des pôles de la pile, le crayon mis lui-même en communication avec l'autre pôle. Les vibrations imprimées à cette lame par les ondes sonores, la pressent contre le crayon avec une intensité variable, et le courant devenu variable lui-même, les reproduit, avec leurs modifications périodiques, dans le tympan du récepteur. M. Bréguet disait en terminant sa communication : « Nous croyons que ces expérimentateurs s'engagent dans une voie qui pourra les mener à un accroissement de l'intensité de la voix perçue dans les téléphones ordinaires. »

Introduction dans le circuit téléphonique d'une bobine inductive de Ruhmkorff. — Toutefois ils rencontrèrent dès l'abord un sérieux obstacle. On sait que la transmission d'un courant voltaïque est un phénomène extrêmement complexe; il y a, dans chaque portion du conducteur que le courant traverse, comme une triple période; la première où le courant s'établit, la deuxième où il stationne, la troisième où il se

(1) B. W. Warwick. *English mechanic.*

(2) *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, t. 86, p. 31.

décharge. Ce fait avait été signalé par Ohm, et constaté par MM. Gaugain et Guillemin. Il est particulièrement prononcé dans les conducteurs immergés et l'on sait que MM. Siemens, Faraday, Wheatstone et Clarcke en ont fait l'objet de recherches délicates et précises. Mais il se reproduit également dans des conducteurs librement suspendus dans l'atmosphère, alors surtout que leur longueur est considérable. Un conducteur qui reçoit et transmet un courant voltaïque se comporte comme un mur qui s'échauffe et rayonne. Quand un mur indéfini s'échauffe par l'une de ses faces, il traverse trois stades consécutifs. Pendant le premier, la chaleur tombée sur sa face antérieure s'emploie toute entière à élever la température des couches profondes, jusqu'à la face opposée. Celle-ci commence alors à rayonner, et son rayonnement va croissant jusqu'à ce que le mur tout entier arrive à l'équilibre de température, et rayonne exactement autant de chaleur qu'il en absorbe.

Cet état d'équilibre inaugure le deuxième stade : la période stationnaire. Pendant le premier, il entrait dans le mur plus de chaleur qu'il n'en sortait; pendant celui-ci, il en sort autant qu'il en entre. Que la source de chaleur vienne maintenant brusquement à s'éteindre et le troisième stade commence : le mur continuera à rayonner, mais son rayonnement ira en décroissant sans cesse. De même pour le conducteur galvanique; à l'origine, il laisse sortir un courant moins intense que celui qu'il a reçu de la source ; lui aussi, atteint une sorte d'équilibre électrique, fonction des données du courant et du conducteur; enfin, lui aussi se décharge lentement, et par décroissance insensible, quand il est brusquement séparé de la source.Tout courant galvanique, traversant un circuit alternativement fermé et rompu, passe donc par un maximum, qu'il atteint en partant d'un minimum répondant à sa naissance, et qu'il abandonne pour retourner à un minimum répondant à sa mort.

Il est aisé de voir la perturbation que ce fait peut introduire dans la transmission des ondes sonores. Au moment où le courant devrait brusquement s'éteindre, il se présente au récepteur avec son intensité maximum; il détermine une aimantation maximum, alors que l'aimantation qu'il surajoute à celle du barreau devrait disparaitre. Cet obstacle a fait tomber beaucoup d'illusions ! Mais, encore un coup, si on ne l'a pas vaincu on l'a tourné. Les courants induits, en raison de leur origine et de leur instantanéité, ne subissent pas ces variations de puissance, et c'est à eux que MM. Polard et Garnier ont eu recours.

Le récepteur est intercalé dans le circuit induit d'une bobine de Ruhmkorff, et le transmetteur est chargé de lancer dans le circuit inducteur les courants issus de la pile.

Par ce système, on gagne à la fois en netteté et en force; non-seulement on donne au son transmis la précision et la clarté désirable, mais le récepteur « qui dans certains cas n'aurait produit aucun son, sous l'influence seule du courant voltaïque, pourra en produire de très accentués sous l'influence de courants induits que le premier engendre. »

Notons qu'il n'est pas besoin d'un appareil d'induction énergique : une petite bobine de Ruhmkorff de 10 centimètres de longueur, présentant

cinq couches de spires de fil n° 16 pour l'hélice inductrice, et vingt couches de fil n° 32 pour l'hélice induite, suffit parfaitement pour qu'un téléphone de Bell, insensible à l'action d'un élément de Daniell, transmette admirablement la parole aussitôt que ce courant l'a traversée.

Ajoutons enfin quelques résultats constatés par M. Dumoncel (1). En appliquant le système que nous venons de décrire et en employant des courants forts (six éléments au bichromate de potasse ou douze éléments Leclanché), les paroles peuvent être entendues à 50 ou 60 centimètres de l'embouchure du téléphone, et les sons musicaux peuvent être perçus à plusieurs mètres.

Nous nous sommes étendus sur ces recherches de MM. Polard et Garnier, parce qu'elles sont devenues le point de départ de plusieurs modifications progressives dont les deux suivantes doivent être signalées.

Téléphone de MM. Navez, père et fils. — Les Bulletins de l'Académie royale de Belgique ont publié, en mars 1878, une note de M. Navez dans laquelle est décrit son téléphone. C'est un pas fait en avant sur le téléphone de MM. Polard et Garnier. La lame vibrante du transmetteur, dont la nature est assez indifférente pourvu qu'elle soit conductrice et élastique, est ici une rondelle en cuivre recouvert d'argent. Le courant de la pile y pénètre par une borne posée sur le socle de l'appareil. Sur la rondelle, au centre, repose une série de disques très minces de charbon de cornue, et sur les disques, une tige d'acier en relation avec l'un des bouts du fil inducteur d'une bobine Ruhmkorff, l'autre bout retournant à la pile. Le fil induit de la bobine renferme le récepteur qui n'a subi aucune modification essentielle.

Le jeu de l'appareil est facile à saisir et nous croyons inutile de l'exposer. En employant quatre ou cinq éléments Bunsen, la parole transmise à 50 ou 60 mètres, retentit à l'oreille avec une intensité assourdissante.

Microphone de Hughes. — Les journaux ont beaucoup parlé du microphone de Hughes et, assez généralement, ils en ont donné des descriptions insaisissables. Nous reproduisons celle que M. Dumoncel en a faite à l'Académie des Sciences; elle a le grand avantage de donner des mesures exactes.

« On adapte l'un au-dessus de l'autre, sur une mince planchette verticale de 6 centimètres de largeur environ, deux petits prismes de charbon de cornue, d'environ un centimètre d'épaisseur et de largeur, et de 18 millimètres de longueur, dans lesquels sont percés, l'un en dessus, l'autre en dessous, deux trous de 4 millimètres de diamètre, qui servent de crapaudines à un crayon de charbon, taillé en pointe émoussée par les deux bouts, et de 3 centimètres et demi de longueur. Ce crayon appuie par l'une de ses extrémités dans le trou du charbon inférieur, et balotte dans

(1) *Comptes rendus de l'Ac. des Sciences*, t. 86, p. 523.

le trou supérieur, qui ne fait que le maintenir dans une position plus ou moins rapprochée de la position d'équilibre instable, c'est-à-dire de la verticale. En imprégnant ces charbons de mercure, par leur immersion à la température rouge dans un bain de ce métal, les effets sont meilleurs, mais ils peuvent se produire sans cela. Les deux prismes sont munis de contacts métalliques, qui permettent de les mettre en rapport avec le circuit d'un téléphone ordinaire, dans lequel est interposée une pile Leclanché de trois ou quatre éléments.

» La planchette est fixée sur un support, et celui-ci posé sur plusieurs doubles d'étoffe disposés en coussin. Il suffit alors de parler devant ce système, pour qu'aussitôt la parole soit reproduite dans le téléphone; et si l'on place sur la planche qui sert de support une montre, ou une boîte dans laquelle une mouche est enfermée, tous les mouvements de l'une et de l'autre sont entendus à une distance de 10 à 15 centimètres du téléphone. L'appareil est si sensible que c'est à voix peu élevée que la parole s'entend le mieux, et l'on peut encore l'écouter à 40 centimètres de l'oreille. » M. Crookes, qui avait expérimenté beaucoup avec cet appareil remarquable, comparait l'impression produite par les pas veloutés de la mouche au piétinement d'un cheval.

Le corps vibrant n'est autre ici que la planchette, le crayon oscillant dans ses deux crapaudines joue le rôle de l'élément du conducteur à résistance variable. Ce crayon est dans une position si voisine de l'équilibre instable, que les moindres vibrations peuvent l'influencer et faire varier la pression très légère qu'il exerce à l'état normal sur le rebord de la crapaudine supérieure.

J'ai construit à la hâte un de ces petits appareils et je l'ai expérimenté en l'actionnant avec un élément au bichromate de potasse. Le tic-tac de la montre est très nettement perçu ; je ne crois pas cependant qu'il y ait danger sérieux de le prendre pour le pas d'un cheval ferré. J'ai été moins heureux à reproduire la parole : les sons arrivent à l'oreille avec un retentissement très remarquable, mais ils manquent de clarté et de netteté. M. Crookes avertissait du reste que le crayon avait besoin d'être réglé par tâtonnements, et que, même après avoir été mis dans la position la plus favorable, il l'abandonnait très facilement. Quoi qu'il en soit, l'intensité du son transmis par le microphone de Hughes est telle que cet appareil me semble appeler toute l'attention des expérimentateurs. Il est très probable qu'on arrivera à lui donner la régularité de mécanisme et la précision requise pour la transmission intégrale de la voix humaine. Il faudra de plus qu'on en puisse écarter ces crépitements stridents, produits par le moindre ébranlement du meuble sur lequel l'appareil repose.

Un dispositif différent, se rapprochant beaucoup du téléphone de Navez, et signalé par le journal anglais *Nature*, m'a donné des résultats supérieurs pour la netteté, et tout aussi puissants pour l'intensité du son. Je dirai simplement comment je l'ai exécuté d'après les données assez vagues du journal.

Un tube en verre de quelques centimètres, renferme trois ou quatre petits cylindres — d'un centimètre de hauteur environ — de charbon

métallisé. Ces petits cylindres reposent l'un sur l'autre. Le premier est en communication avec un fil de cuivre qui le rattache à l'un des pôles d'un élément au bichromate. Le dernier, le plus élevé, supporte une rondelle de bois ou de métal (7 à 8 centim. de diam.) par l'intermédiaire d'un petit cylindre de cuivre fixé au centre de la rondelle. Ce cylindre est mis en rapport avec le circuit du téléphone, et par lui avec le deuxième pôle de l'élément au bichromate. On parle devant la rondelle. Or, avec ce dispositif, les sons, très nets et très intenses, peuvent être entendus à 30 et 40 centimètres du téléphone qui les reproduit. M. Crookes n'affirme pas davantage du microphone de Hughes. « J'ai pu, dit il, entendre distinctement tous les mots d'une lecture, quand étant dans mon salon, mon fils lisait au laboratoire, dans un livre, à un pied de l'instrument. »

Les journaux ont parlé de résultats bien différents. On aurait, d'après eux, entendu l'appareil remplir de sa voix métallique des salles très étendues. Un auditoire de 2 et de 300 personnes l'aurait perçue simultanément. Nous ne pouvons ni confirmer ces récits, ni les révoquer en doute. Nous n'avons reçu jusqu'à présent sur ces magnifiques expériences aucun document vraiment scientifique. Mais il nous semble à peu près certain qu'on y viendra. La voie est ouverte et l'on y marche avec vaillance.

Dans le n° du 20 mai des Comptes rendus de l'Académie des Sciences, M. Dumoncel produit une lettre de M. Hughes, dans laquelle il annonce que son système de transmetteur téléphonique, avec l'introduction dans le circuit d'une bobine d'induction de six centimètres seulement de longueur, permet de faire parler un téléphone Bell assez haut pour être entendu de tous les points d'une vaste salle, et d'une manière plus intelligible et plus forte que par le phonographe. Il faut par exemple adapter au téléphone un cornet acoustique, comme on le fait pour ce dernier instrument. Un seul élément de pile au bichromate de potasse suffit pour cela.

Phonographe d'Edison. Le phonographe d'Edison, antérieur aux appareils que nous venons de décrire, est aussi d'un tout autre genre. Le bruit qu'il a fait, au moment où le téléphone de Bell en était à ses plus grands succès, et une certaine analogie dans les résultats ont pu le faire confondre avec les instruments électro-magnétiques : toutefois le phonographe d'Edison est bien simplement et exclusivement un appareil mécanique.

Tâchons de le décrire très exactement.

Au moment où on parle devant elle, une membrane métallique très mince, enchâssée dans une bague de cuivre, vibre sous l'action des ondes aériennes qui la frappent. Ses mouvements alternatifs de va et vient répondent aux mouvements alternatifs de l'onde sonore. Il y a entre eux un parallélisme parfait. Au-dessous de la membrane, et à l'extrémité d'une fine lame élastique est fixé un style court et rigide. Entre les deux, une ou deux rondelles en caoutchouc servent à relier l'un à l'autre. Il y aura donc entre les mouvements de la membrane vibrante et ceux du style un nouveau parallélisme, car tous deux sont solidaires l'un de

l'autre et l'action des rondelles de caoutchouc étouffe et détruit toutes les vibrations propres à la petite lame qui porte le style, si bien, qu'en dernière analyse, nous nous trouvons devant une pointe d'acier, reproduisant intégralement, dans son mouvement périodique, les ondulations produites dans l'air par la voix humaine, ces mêmes ondulations qui, frappant l'oreille, nous permettraient de saisir le son, et de comprendre la pensée à laquelle elles servent d'expression physique. Ces ondulations, le crayon d'acier les reproduit.

Il s'agit de les lui faire inscrire, de l'obliger à marquer la trace de son va et vient, et comme un signe de sa trajectoire dans l'espace. Il est élémentaire d'imaginer un cylindre analogue à celui de Duhamel, doué à la fois de mouvements de rotation et de translation réguliers, sur lequel viendra buter la pointe du style... Mais pour que le style y laisse son empreinte, il faudrait que le cylindre fût d'une substance assez tendre pour céder devant lui.

Une feuille d'étain se prête admirablement à cette inscription; son extrême malléabilité et son élasticité presque nulle lui permettent de recevoir et de garder l'empreinte des mouvements du style. Encore faudra-t-il supporter la feuille et lui donner, par son contact avec le support, en dehors des points où le stylet viendra frapper, une résistance suffisante. La feuille d'étain sera donc enroulée sur un cylindre de bois ou de laiton, et celui-ci portera une rainure répondant à tous les points où le stylet pourra la frapper. Ces points seront déterminés par le mouvement du cylindre. Or celui-ci est donné par le pas de vis de l'axe moteur; il faudra donc que la rainure du cylindre soit rigoureusement parallèle au filet de la vis : conditions mécaniques bien aisées à réaliser avec exactitude.

Tel est le phonographe d'Edison.

Quand on l'actionne, le style imprime dans la feuille d'étain une série rectiligne de creux, les uns plus larges, les autres plus étroits, suivant que l'excursion du style a été plus ou moins ample...

Un professeur de Stevens' Institute (Hoboken, New-Jersey), M. A. M. Mayer a comparé la transcription du phonographe d'Edison enregistrant la voyelle *a* du mot *bat*, à la transcription du même mot par le phonautographe de Scott et par les flammes de Kœnig. Le premier tracé répond admirablement aux deux autres : les impressions légères ou profondes du style ont leurs correspondants dans les minima et maxima des courbes tracées par la soie de sanglier ou la pointe de la flamme. Cette ressemblance, qu'il était naturel de prévoir, ne laisse pas toutefois d'être fort remarquable.

Mais le phonographe d'Edison n'enregistre pas seulement la parole, il la reproduit.

Imaginons en effet qu'après avoir parlé devant l'appareil, on soulève le style et que l'on ramène le cylindre à son point de départ. Que l'on abandonne maintenant le style et qu'on se remette à tourner avec la même vitesse que précédemment. Qu'arrivera-t-il? Le style reprendra le même chemin qu'il a parcouru d'abord et, comme il y rencontrera succes-

sivement les différentes empreintes qu'il y a creusées, quand les ondes aériennes venaient frapper la membrane, il sera alternativement abaissé et soulevé comme il l'était alors. Il passera donc par toutes les phases de son premier mouvement périodique et, comme il est solidaire de la membrane vibrante, il obligera celle-ci à reprendre successivement tous les détails de la vibration qu'elle a exécutée; celle-ci imprimera, aux couches aériennes qui la touchent immédiatement, les ondulations qu'elle en avait reçues, c'est-à-dire, souvenons-nous en, les mêmes ondulations qui frappant l'oreille nous eussent permis de saisir le son et de comprendre la pensée à laquelle elles servent d'expression physique. Ces ondulations, se propageant comme elles se propageraient en sortant d'une gorge humaine, frapperont l'oreille, et l'on entendra le phonographe parler.

Arrivons aussitôt aux résultats observés. « Il n'est pas besoin de dire que les sons rendus par l'instrument sont beaucoup moins intenses que ceux qu'on lui a fait d'abord enregistrer; mais ils sont parfaitement distincts, et ils ont pu être entendus par deux cents personnes à la fois, se pressant dans la salle de la société de physique (Paris) (1). » « Je vous envoie, écrit M. Edison lui-même à M. le professeur A. Mayer dont nous avons parlé plus haut, je vous envoie une feuille en cuivre sur laquelle j'ai fait des impressions à Ansonia (Connecticut) qu'on a pu entendre de 275 pieds en plein air et peut-être plus loin (2). »

N'allons pas plus loin, de peur de nous heurter à des chiffres fantaisistes. Il y a certes déjà là de quoi satisfaire l'esprit le plus amoureux de merveilles.

Ajoutons maintenant des détails à ces résultats si beaux.

Il est évident tout d'abord, que si la membrane vibrante du phonographe, en train de reproduire ses oscillations primitives, vibre devant l'aimant et la bobine d'un transmetteur Bell, les sons seront transmis comme s'ils émanaient de la voix humaine. L'expérience a été faite et elle a réussi.

On s'est demandé si en parlant dans un téléphone, à Paris, par exemple, on pourrait faire enregistrer son discours, dans un phonographe placé à St-Cloud. Ce que nous avons dit plus haut de l'absence totale de vibrations d'ensemble dans la plaque du récepteur téléphonique, prouve bien qu'il faut répondre non!

« Une feuille d'étain impressionnée par une phrase ou un chant peut faire entendre cette phrase, non seulement une fois, mais même plusieurs fois. Mais dès la seconde reproduction, l'intensité du son rendu est fort diminuée et se réduirait bientôt à rien. » On conçoit en effet que le style, bien que n'éprouvant plus les pressions auxquelles le choc des ondes sonores le soumettait, exerce cependant une pression réelle, en vertu de son élasticité propre, sur la feuille d'étain. Or, si minime qu'elle soit,

(1) Niaudet. *Le phonographe d'Edison*, dans le journal de d'Almeida. avril 1868.

(2) *La machine parlante de M. Edison*, dans le journal de d'Almeida (avril 1878).

cette pression affaiblit le contraste entre les reliefs et les creux alternatifs qui commandent son mouvement au retour. Mais il est aisé d'imaginer mille moyens de renforcer la lame une fois impressionnée.

Seulement, l'opération serait grandement simplifiée si la feuille, au lieu d'être enroulée sur un cylindre, était étalée sur une surface plane. Aussi dans le dernier dispositif de son phonographe, M. Edison remplace le cylindre par une table de métal, dans laquelle est creusée une rainure sinusoïdale dans le genre des courbes qui servent en physique à représenter à chaque instant l'état d'une série moléculaire élastique en mouvement vibratoire. Un fort mécanisme d'horlogerie amène, avec la régularité désirable, devant la pointe du style, tous les points consécutifs de la courbe.

Chose singulière assurément! On peut enregistrer sur une feuille d'étain une phrase française; ramener le cylindre au départ, et superposer au premier enregistrement, celui d'une phrase anglaise, pousser plus loin, si l'on veut,... ajouter encore une phrase allemande; puis, demander à l'instrument de répéter simultanément toutes les trois. Il obéit : on entend comme trois voix parler ensemble, mais la dernière inscrite est plus distincte et domine toutes les autres.

Dans tout ce qui précède, nous avons supposé que les vitesses de rotation du cylindre restaient rigoureusement égales, pendant l'impression et pendant la reproduction. Si pendant la deuxième période, la vitesse était différente de ce qu'elle était pendant la première, qu'arriverait-il? La phrase serait encore reproduite, mais transposée, plus haut ou plus bas, selon que la nouvelle vitesse serait plus ou moins grande que l'ancienne.

Il n'est pas besoin d'insister davantage sur le nombre, la variété et la singularité des expériences auxquelles le phonographe d'Edison se prête; mais on peut bien se demander quel sera le vrai rôle de cet appareil, son utilité scientifique, pratique, et, s'il est permis d'ainsi parler, son avenir. Les télégraphes n'ont évidemment rien à redouter de lui. Sans doute, il peut actionner un téléphone et transmettre ainsi au loin les paroles qu'on aura prononcées devant lui; mais il sera toujours bien plus simple de les prononcer devant le téléphone lui-même : pourquoi se servirait-on d'un intermédiaire?

Il ne fera pas davantage concurrence à la correspondance postale. On pourrait, il est vrai, envoyer la feuille d'étain comme on envoie la lettre, mais la lettre — plus longue à écrire, j'en conviens — n'exige pas l'emploi d'appareils toujours dispendieux. Il pourra reproduire à des siècles de distance le ton, l'accent et le discours d'un grand homme. Quoique j'en aie pu dire dans un autre bulletin, il y aurait intérêt réel à entendre une phrase, un discours de Démosthène, de Cicéron, de Bossuet, de Berryer...

M. Edison se propose d'introduire un phonographe entre les lèvres de bronze d'une gigantesque statue de la liberté qu'on va ériger à New-York; et l'on entendra sortir, comme de la gorge du génie un discours qui retentira sur toute la ville. « His last astonishing proposal is that he

shall construct a huge phonograph to go in the great bronze statue of liberty which is to be erected in New-York Harbor, so that the metal giant can make a speech audible over the entire bay (1). »

La liberté dira à New-York ce qu'on lui fera dire; c'est bien ainsi qu'elle parle en Europe.

Décharge électrique dans les gaz raréfiés. — MM. Warren de la Rue et Hugo W. Müller ont fait sur ce sujet une série de recherches remarquables. Les gaz ont été préparés par les expérimentateurs eux-mêmes dans les conditions de pureté désirable. On les raréfiait ensuite, dans les tubes qui les renfermaient, par le jeu successif d'une trompe à eau, d'une pompe d'Alvergniat et d'un aspirateur Sprengel.

Les pressions intérieures étaient déterminées par un manomètre-jauge de Mc Leod. Le jeu de ce manomètre revient à ceci : une masse donnée du gaz, dont on mesure le volume V sous pression égale à la pression intérieure, est condensée en un volume V excessivement réduit, et l'on mesure la pression qui l'a conduite à ce nouvel état, par un manomètre à mercure : on connaît ainsi V, V' et P'; la formule traditionnelle VP = V'P', permet d'en déduire la valeur de la pression initiale P. Ce système de mensuration permet d'atteindre des pressions de $0^{mm},00005$ de mercure. La résistance du tube au passage du courant n'a pu être mesurée par le galvanomètre du pont de Wheatstone, les oscillations du courant sont trop grandes. On l'a donc remplacé par une espèce de tube-témoin très sensible, qui s'illuminait dès que la diagonale du pont était traversée par une petite fraction de la charge.

Enfin le potentiel, en différents points de la colonne gazeuse, était mesuré à l'aide de sondes métalliques, traversant les parois du tube, et échelonnées à distance suivant toute sa longueur. On les reliait, par couples, à un galvanomètre Thomson qui marquait aussitôt la différence de leurs potentiels.

Voici telles qu'elles ont été exposées à l'Académie des Sciences, les conclusions de ces recherches.

1° La décharge dans un tube à gaz raréfié ne diffère pas de celle qui a lieu dans l'air ou les autres gaz à la pression atmosphérique; elle n'est pas un courant dans l'acception ordinaire de ce terme, mais une décharge disruptive, les molécules des gaz effectuant un transport de l'électrisation. Les gaz reçoivent selon toute probabilité, deux impulsions en sens contraire, celle qui émane de l'électrode négative étant plus continue. Il se forme parfois sur les tubes des dépôts métalliques qui laissent une trace permanente des intervalles compris entre les strates.

2° A mesure que la pression diminue, la force électro-motrice nécessaire pour faire passer un courant diminue d'abord, pour augmenter ensuite jusqu'à une pression, pour laquelle aucune force électro-motrice n'est capable de produire une décharge à travers le gaz résidu. — En absor-

(1) *Scientific american*. March, 30. 1878.

bant l'hydrogène par une éponge de palladium, le vide est assez parfait pour s'opposer absolument au passage du courant d'une pile de 11000 éléments au chlorure d'argent.

3° Toutes les strates ont leur origine au pôle positif. Avec un tube donné et un certain gaz, il y a une pression pour laquelle on obtient une seule lueur au pôle positif; quand on diminue la pression peu à peu, cette lueur se détache, s'éloigne et est suivie successivement de plusieurs autres dont le nombre augmente jusqu'à une certaine limite.

4° Avec la même force électro-motrice, les phénomènes dépendent de l'intensité du courant. Tantôt le nombre des strates augmente avec l'intensité, tantôt il diminue quand l'intensité augmente. Dans le premier cas, si l'électricité provient d'un condensateur, on voit, à mesure que le potentiel diminue, les strates se rapprocher successivement du pôle positif et y disparaître une à une.

5° Un changement d'intensité produit souvent une modification complète de la couleur des strates.

6° Si la décharge est irrégulière et les strates confuses, un changement d'intensité peut les rendre distinctes et immobiles. En modifiant l'intensité d'une manière continue, on peut ainsi obtenir plusieurs phases successives de stratifications alternativement fixes et agitées.

7° Le dégagement de chaleur est maximum au voisinage des strates. Dans les espaces obscurs des tubes, il y a parfois en certains points un grand échauffement qui correspond à une sorte de strate calorifique.

8° Même quand les strates sont parfaitement immobiles, on peut observer une pulsation régulière dans le courant (en intercalant une bobine d'induction dans le circuit); mais il n'est pas prouvé que les strates dépendent de ces intermittences.

9° Le courant d'une pile ne traverse pas un tube fermé par une cloison de verre; on ne peut illuminer un pareil tube que par des décharges alternatives.

10° Dans le même tube et avec un même gaz, les changements d'intensité et de pression donnent une grande variété de phénomènes; mais tous les effets sont constants et peuvent être reproduits dans des tubes de mêmes dimensions, lorsque les circonstances sont bien définies.

11° A la même pression et pour le même courant, le diamètre du tube influe sur le caractère et la netteté des stratifications.

Les couleurs complémentaires. — Le vénérable M. Chevreul, dans une très intéressante communication à l'Académie des Sciences, a donné le moyen le plus simple de déterminer expérimentalement la complémentaire d'une couleur quelconque. Il suffit à cet effet d'imprimer à un cercle, divisé en deux par une ligne diamétrale, et portant d'une part la couleur donnée, de l'autre la couleur blanche, un mouvement de rotation convenable, autour d'un axe perpendiculaire au plan du cercle. Un cercle semblable, moitié rouge et moitié blanc, offre les phénomènes successifs que voici : pendant le mouvement rapide, les sensations blanc et rouge empiétant l'une sur l'autre, se superposant au lieu de se suivre, font

naître la sensation résultante du violet (5 ton) (1). — Le mouvement se ralentissant, les sensations se séparent et l'on voit alternativement passer sous les yeux un segment rouge et un segment vert, complémentaire du rouge. Voici comment M. Chevreul interprète ce phénomène : « L'œil qui dans un premier temps a vu du rouge, est prédisposé dans un second temps à voir du vert, sa complémentaire; et, en vertu de cette prédisposition, la lumière blanche n'agit plus également sur la rétine par l'ensemble de ses rayons colorés; la prédisposition provenant de la vue du rouge donne à ses rayons constituants du vert, la puissance de l'emporter sur le rouge; mais, dans le second instant, la lumière verte, agissant à la manière du rouge dans le premier instant, prédispose l'œil à voir le rouge dans le troisième instant et ainsi de suite. »

En expérimentant ainsi, l'orangé peint sur la première moitié du cercle, fait apercevoir sur la seconde moitié, demeurée blanche, le bleu, sa complémentaire; le jaune montre le violet; le vert montre le rouge; le violet montre le jaune; et le bleu, l'orangé.

L'extrême simplicité de cette expérience permet de la répéter dans tous les cours (2).

Taches du soleil et magnétisme. — M. Faye, dans la notice scientifique qu'il avait fournie à l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1878, avait rencontré l'opinion très reçue, d'une relation incontestable entre les variations de l'activité solaire et celles du magnétisme terrestre. Cette opinion ne se base point sur l'étude directe des rapports de causalité qui pourraient exister entre le soleil et les phénomènes de l'aiguille aimantée. Ceux qui la défendent reconnaissent en effet que la relation est « malheureusement plus facile à constater qu'à expliquer (3). » Elle s'appuie uniquement sur le parallélisme des courbes géométriques qui représentent, en fonction du temps, les variations de l'aiguille d'une part, et de l'autre le nombre variable des taches solaires. Il est donc bien évident que si ce parallélisme des courbes, cette contemporanéité des phénomènes était illusoire, si elle n'existait que fortuitement, pour devenir plus tard un antagonisme radical... l'opinion se trouverait sans appui et sans base. Elle tomberait. Or, dans le travail que nous citions, M. Faye avait renversé ce parallélisme en démontrant qu'il était tout momentané et par suite illusoire, qu'il avait remplacé un désaccord parfait, et qu'il cèderait bientôt la place à un désaccord parfait.

Les calculs et les raisonnements de l'astronome français soulevèrent de vives réclamations, et M. Piazzi Smyth, astronome royal d'Écosse, invita les savants engagés dans la discussion à s'expliquer à ce sujet.

MM. Bronn et Wolf défendirent la parfaite concordance des périodes de variations des deux phénomènes; mais ils étaient peu d'accord entre

(1) Cette notation se rapporte à l'échelle des couleurs de M. Chevreul.

(2) *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, t. 87, avril 1878.

(3) Secchi, *Le Soleil*, 2e éd., t. 2, p. 335.

eux. D'après M. Wolf, qui a très soigneusement étudié la répartition des taches solaires et la variation de leur nombre, le retour périodique de leur maximum s'effectuerait à un intervalle de 11 ans 11.

D'après M. Broun, qui a plus spécialement étudié les variations de l'aiguille aimantée, la période de ses variations maxima serait de 10 ans 45. A la simple inspection de ces chiffres il saute aux yeux que les deux phénomènes sont divergents; mais M. Wolf croit erroné le chiffre proposé pour les variations de l'aiguille par M. Broun et le remplace par 11,11; tandis que M. Broun trouve fautif le chiffre proposé par M. Wolf pour la période des taches et lui substitue 10,45 (1).

M. Faye reprit à son tour les deux séries d'observations et de calculs, et arriva, pour la période des taches, à 11,20, avec une oscillation en plus ou en moins de 0,10; et pour la période des maxima magnétiques, à 10,50, avec une oscillation de 0,08. Sur quoi il répondit à M. Piazzi Smyth : « 1° Les périodes 10,45 pour la boussole; 11,11 pour les taches ont été bien déterminées, l'une par M. Broun, l'autre par M. Wolf. — 2° Les deux phénomènes sont sans rapport entre eux. — 3° Un ensemble de circonstances favorables qui se reproduit tous les 176 ans, a fait croire à la connexion de ces deux phénomènes. — 4° Ces concomitances passagères ne sont pas absolument rares dans l'histoire des sciences. Il y a quelques années on en avait noté une pareille entre les taches et les rayons vecteurs de Jupiter. On peut voir ce qui en est arrivé dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1877 (2). »

Enfin, répondant à une nouvelle argumentation de M. Broun, il ramène la question à ces termes définitifs : « M. Wolf a trouvé que la période des taches est de 11,11 et, sous l'empire d'une idée préconçue il soutient que celle du magnétisme doit être aussi de 11,11.

« M. Broun a trouvé que la période des variations magnétiques est de 10,45 et, sous l'empire de la même idée préconçue, il soutient que celle des taches doit être aussi de 10,45.

» Il est désormais établi que M. Wolf a raison contre M. Broun pour la période des taches, et que M. Broun a raison contre M. Wolf pour la période du magnétisme; mais qu'ils ont tort tous les deux de vouloir imposer aux deux ordres de phénomènes une même période. »

Peut-être serait-il prudent, avant de trancher la question, d'attendre une série plus longue d'observations nouvelles. Il est certain que les observations simultanées des variations de la boussole et du nombre des taches solaires, faites au Collége Romain, par le P. Secchi, de 1859 à 1876, présentent une correspondance saisissante et confirment la période undécennale. Elles sont d'accord avec les observations de Sainte-Hélène, de Hobart-Town en Tasmanie, de Toronto au Canada, de Madras dans l'Inde, de Philadelphie au Gérard College, de Prague, de Vienne et de Saint-Petersbourg (3).

(1) Broun, Journal anglais *Nature*, 23 janv. 1878, et Wolf, *Astron. mittheilungen*, n° XLVI.

(2) *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, t. LXXXVI, 15 avril 1878.

(3) Secchi. *Le Soleil*, 2e éd., t. 2, p. 334.

On a dit qu'en matière de philosophie « l'autorité de mille ne vaut pas le plus humble raisonnement d'un seul, » mais en matière de science mille raisonnements ne valent pas la simple observation d'un fait.

VICTOR VAN TRICHT, S. J.

ANTHROPOLOGIE.

Archives du musée national de Rio de Janeiro (1). — A la suite de la réorganisation du musée de Rio de Janeiro en 1876, le gouvernement brésilien a décidé la publication d'une revue trimestrielle destinée à faire connaître les richesses de ses collections nationales; excellente mesure qu'il est bien à souhaiter de voir adopter par tous les États américains (2). Nous avons remarqué dans le premier volume des archives du musée de Rio de Janeiro, plusieurs mémoires ayant trait à l'anthropologie et notamment un travail sur les *sambaquis* du Brésil, par M. Charles Wiener, une note sur les *tangas* en terre cuite des anciens indigènes de l'île Marajô, puis des recherches de MM. Lacerda et Rodrigues Peixoto sur les races indigènes du Brésil.

Si l'étude des races humaines quaternaires a déjà réuni de nombreux documents dans l'Europe occidentale, elle est beaucoup moins avancée en Amérique. A part un crâne californien, signalé par M. Whitney, il y a quelques années, et sur l'antiquité duquel on a élevé des doutes très sérieux, on ne connaissait guère que les découvertes faites par Lund, en 1844, dans les cavernes du Brésil. Mais Lund lui-même, après avoir annoncé qu'il venait de trouver des débris humains mêlés à des ossements d'animaux quaternaires, finit par se rétracter et abandonna ses premières conclusions, en présence de l'opposition qu'elles rencontrèrent à une époque où l'on ne croyait pas à la contemporanéité de l'homme et de la faune quaternaire. Il n'y a plus lieu aujourd'hui de faire les mêmes réserves. Il est très possible que les documents découverts par Lund soient réellement quaternaires; mais le doute subsiste néanmoins touchant leur âge précis. Conservés au musée de Rio de Janeiro, ils ont été décrits sommairement par MM. Lacerda et Peixoto.

L'indice céphalique du crâne dit de Lagoa Santa est de 69.72. Il descend presque aussi bas que l'indice moyen des Esquimaux (69.30) et plus bas que le crâne de Néanderthal (72), un de nos plus vieux types européens.

(1) 1er vol. 1876.

(2) On a déjà publié aux États-Unis un assez grand nombre de documents touchant l'anthropologie et l'archéologie primitive. Les belles séries exposées cette année à Paris au Champ de Mars et au Trocadéro, par les divers États américains, montrent quelles richesses il y aurait à exploiter dans cet ordre d'idées. Nous aurons l'occasion d'y revenir.

En Amérique comme en Europe, la race primitive aurait donc possédé un type dolichocéphale. Parmi les races naturelles, celle qui, d'après MM. Lacerda et Peixoto,se rapprocherait le plus du type dolichocéphale primitif serait la race des Botocudos.

La note de M. Wiener sur les Sambaquis nous met en présence de faits qui ont leurs analogues en Europe. On appelle ainsi au Brésil, des amas de coquilles rappelant les kjoekkenmoedding du Danemark. On y a recueilli de nombreux individus des genres Corbula, Venus, Cardium, Melampus et quelques univalves, le Buccinus, le Trochus, etc.

La forme et les dimensions de ces sambaquis sont variables. Tantôt on dirait des remparts peu élevés. Tantôt ils affectent une forme conique régulière; tantôt, au contraire, ils se présentent sous l'aspect de petites collines irrégulières s'appuyant aux montagnes voisines ou aux rochers. On les rencontre, soit sur la côte, soit à de grandes distances dans les terres.

D'après M. Wiener les Sambaquis seraient dus à plusieurs causes. Les uns sont d'origine naturelle et de formation marine. Les autres sont de simples rebuts de cuisine comme les kjoekkenmoedding; d'autres enfin ont été construits dans un but déterminé et ont servi de sépultures.

Il n'est pas rare de trouver au milieu des Sambaquis des restes humains brisés, mêlés sans ordre à des charbons et à des cendres. M. Wiener a pensé reconnaître là des indices d'anthropophagie. Il ne croit pas d'ailleurs à la très haute antiquité de ces gisements. Ceux qu'il a étudiés n'auraient pas plus de deux ou trois siècles et les indigènes du Brésil étaient encore à cette époque à l'âge de pierre, comme on en peut juger par les figures annexées au mémoire.

L'âge de pierre dans les souvenirs et superstitions populaires. — Personne aujourd'hui ne doute de la réalité d'un âge de pierre considéré comme fait local. Il est bien démontré par exemple que les premiers colons quaternaires de l'Europe occidentale ne faisaient usage que d'instruments de pierre, et tout le monde sait que, de nos jours, on a retrouvé des populations sauvages ignorant l'usage des métaux. Quelques archéologues vont plus loin. Ils pensent que l'âge de pierre fut une des phases naturelles, générales et normales du développement de l'industrie humaine; qu'en un mot l'humanité a débuté par un âge de pierre antérieur à la découverte des métaux. On reconnaît là l'influence des idées transformistes.

C'est en faveur de cette thèse que M. Cartailhac vient d'écrire le livre dont nous allons rendre compte (1). Examinons les faits d'abord. Nous discuterons ensuite les conclusions.

Si l'étude scientifique et méthodique des instruments et des armes de pierre date de vingt ans à peine, il ne faudrait pas croire cependant que ces produits d'une industrie rudimentaire aient échappé à nos pères et

(1) *L'âge de pierre dans les souvenirs et superstitions populaires*, un vol. in-8° avec pl. et fig. Paris, Reinwald, 1878.

aux peuples de l'antiquité. Il en est question dans les textes de tous les temps. Les auteurs anciens les mentionnent généralement à l'occasion des croyances et des idées superstitieuses dont ils étaient l'objet sous le nom de céraunies (Κεραύνια de κεραυνός, foudre) parce qu'on les croyait produits par la foudre et tombés avec elle.

Encore aujourd'hui, dans le monde entier, les hachettes en pierre polie sont regardées comme le trait matériel avec lequel la foudre frappe et brise. En France on les appelle *pierres de foudre, pierre de tonnerre;* en Angleterre, *thunderbolt, thunderstone;* en Allemagne, *Donnerkeil, Donnerstein, Strahlpfeil;* en Hollande, *donderbeitel, dondersteen*; en Danemark, *tordensteen*; en Islande, *skruggustein* (pierre de tonnerre); en Suède, *ask vigar* (carreau de la foudre); en Hongrie, *lapos mennyko* (foudre plate); à Java, *dent de l'éclair;* au Japon, *rai-funoseki* (pierre du tonnerre); dans l'Inde, *byti-petter* (trait de foudre), etc.

Tombées du ciel avec la foudre, il est naturel que ces pierres aient des propriétés merveilleuses. L'opinion généralement répandue est qu'elles préservent du tonnerre. Enfouies sous le seuil d'une maison, d'un édifice, ou cachées dans un navire, elles servent de paratonnerre. Leurs vertus médicinales ne sont pas moins remarquables. Dans les Cévennes, leur place est marquée dans toutes les bergeries; elles sont la sauvegarde des troupeaux. En Alsace, elles sont réputées guérir la mammite; en Bavière, on les place dans la mangeoire des animaux malades. Les mêmes croyances existent en Suisse, dans la Hesse, en Angleterre. Les Sibériens regardent les pierres de foudre comme un spécifique contre les points de côté. En Birmanie, dans le royaume d'Assam, au Brésil, en Grèce, on les réduit en poudre, et leurs fragments servent de talisman.

Les anciens avaient déjà ces croyances. Porphyre, dans la *vie de Pythagore*, dit que ce philosophe étant arrivé en Crète se fit purifier avec la *céraunie*, par le prêtre Morgus, un des dactyles idéens. Il n'est pas rare de trouver des pierres de foudre dans les substructions des édifices antiques. Il existe dans les musées un grand nombre de hachettes en pierre, percées d'un trou de suspension, dont on devait se servir comme d'amulettes. Quelques-unes portent des inscriptions, gravées après coup, et témoignant du prix particulier qu'on y attachait. On connait plusieurs de ces inscriptions en langue grecque. D'autres sont en caractères runiques.

Il n'y a pas que les hachettes qui aient été l'objet d'un culte superstitieux. On portait également les flèches en manière d'amulettes. Il n'est pas rare d'en trouver de richement enchâssées dans des montures en métaux précieux. Une petite flèche en silex sert de pendeloque principale à un magnifique collier étrusque en or, de la collection Campana, au Louvre. Il y a d'autres colliers du même genre au *British Museum*.

Les flèches de silex passaient au moyen-âge pour être les traits des elfes ou des fées. Elles jouaient un rôle dans les enchantements, et figurent dans les procès de sorcellerie.

Ces amulettes étaient parfois copiées. On en faisait des réductions et des reproductions en substances diverses, telles que l'ambre, la cornaline, ou même le bronze.

Dans un grand nombre de lieux la hache était un symbole vénérable. Dans le système hiéroglyphique égyptien, le mot *Nuter*, Dieu, s'exprime par le signe de la hache. Les céraunies faisaient partie du diadème d'Isis et de celui de Junon. Dans son éloge de Sérène, Claudien parle des dons offerts de tous côtés à son héroïne et, entre autres choses, des céraunies que les nymphes vont chercher dans les cavernes des Pyrénées ;

Pyreneisque sub antris
Ignea flamineæ legere ceraunia nymphæ.

« Chacun sait aujourd'hui, ajoute M. Cartailhac, que la plupart de ces grottes renferment des gisements néolithiques où les haches en pierre polie ne sont pas rares. » Le texte de Claudien contient donc une allusion très positive aux gisements préhistoriques.

Peu s'en faut, fait également remarquer M. Cartailhac, que l'empereur Galba n'ait découvert les cités lacustres. Suétone raconte en effet qu'ayant vu la foudre tomber dans un lac des Cantabres, il le fit fouiller et y trouva une douzaine de haches, signe manifeste de la souveraine puissance qui devait lui permettre de devenir empereur.

Chez les premiers habitants de Rome une pierre était l'emblème de Jupiter ; plus tard on représenta le Dieu avec une pierre dans la main, comme symbole de la foudre.

Les Russes avaient un Dieu du tonnerre, *Perunum*, qu'on représentait avec un foudre de pierre à la main.

Chez plusieurs peuples, des instruments de pierre étaient employés dans les cérémonies religieuses ; à Rome, il y avait les pierres sacrées, *religiosa silex*, destinées à égorger les victimes, comme le couteau de pierre des prêtres mexicains. En Égypte le prachiste ouvrait le corps des morts avec une pierre d'Éthiopie. Dans la bible, il est question des couteaux de pierre de Josué et, dans certains pays, les Israélites emploient encore le silex pour circoncire.

De tous ces faits, M.Cartailhac conclut que, si la superstition s'est partout emparée des débris de l'industrie de la pierre, c'est que partout le souvenir d'un âge de pierre s'était effacé. Dans un certain nombre de cas, l'esprit traditionnel conservateur des religions a maintenu l'usage de quelques instruments de pierre. Mais ce serait, suivant notre auteur, une preuve de plus en faveur de la réalité d'un âge de pierre primitif et préhistorique. Cette opinion n'est pas personnelle à M. Cartailhac. Il l'a développée en groupant très habilement un grand nombre de faits connus auxquels il en a ajouté d'autres inédits ; mais des archéologues, tels que MM. Lubbock, Tylor, Evans, Hamy, de Rossi l'avaient soutenue déjà avant lui.

A cette manière de voir on a opposé une objection, à laquelle M. Cartailhac a dû répondre. Dans bien des cas, les observateurs ont signalé des instruments et des armes en silex, mêlés à des débris d'une époque relativement récente. L'âge de pierre ne serait donc pas aussi préhistorique qu'on le dit. Pourquoi ne pas admettre tout simplement que l'emploi de la pierre a existé un peu partout simultanément avec celui des métaux ?

En Égypte on trouve des flèches armées de pointes en silex dans les tombeaux pharaoniques. A l'époque de la découverte de l'Amérique, les Indiens, pourvus d'une métallurgie très florissante, se servaient concurremment d'armes en cuivre et d'armes en pierre Dans des gisements de l'époque gallo-romaine et de l'époque franque ou burgonde, on a exhumé des hachettes polies ou des armes de silex. Des sépultures de l'âge du bronze ont offert un mélange d'outils en pierre et en bronze. Les faits de cette nature sont assez nombreux.

Sans nier que, dans certaines régions, en Amérique par exemple, ou même en Égypte, l'industrie de l'âge de pierre s'est perpétuée même après la découverte des métaux, M. Cartailhac nie que les choses se soient passées ainsi dans la généralité des cas, et notamment en Europe. Il explique par l'influence des idées superstitieuses le mélange des objets en pierre et des objets en métal. Pour lui il y a, entre l'âge de pierre et l'âge des métaux, une séparation profonde ; le premier n'a pas empiété sur le second, et l'oubli en a bientôt chassé le souvenir de la mémoire des hommes, qui, se trouvant plus tard en face de ses produits, leur ont attribué une origine merveilleuse.

Il me semble inadmissible que les anciens aient été victimes d'une illusion aussi absolue. Des textes positifs montrent bien qu'ils connaissaient parfaitement l'emploi qu'on peut faire du silex pour la fabrication des outils ou des armes. Ils se sont trouvés en contact avec des peuples comme les Éthiopiens d'Hérodote ou les Huns d'Ammien Marcellin, qui armaient leurs flèches de pointes de silex.

La superstition populaire des pierres de foudre me paraît parfaitement compatible avec la connaissance de la fabrication des haches de pierre par l'homme. La foudre frappe et brise. C'est un fait matériel que des populations ignorantes ont dû chercher à expliquer tout simplement. Or quoi de plus simple que d'attribuer à la foudre un instrument analogue à celui dont les hommes se servent pour produire des effets semblables? Les outils de pierre, indestructibles par nature, abondent partout. Il a suffi qu'un hasard, qui a dû se reproduire souvent, ait fait exhumer quelques hachettes polies précisément en des points que la foudre avait frappés, pour donner naissance à la croyance populaire. Il n'est pas étonnant qu'on ait attribué des propriétés merveilleuses à ce voyageur aérien tombé du ciel. Nos paysans croient encore aux pluies de grenouilles; cela veut-il dire qu'ils ignorent l'origine naturelle des grenouilles? Pas le moins du monde. Il en a été de même de la croyance aux chutes de hachettes.

Quant à l'emploi d'instruments de pierre dans les cérémonies religieuses et funéraires, faut-il nécessairement y voir un souvenir traditionnel de l'âge de pierre? Je ne le pense pas.

Des idées particulières sur les substances impures ont pu motiver le choix de la pierre dans certaines circonstances. On sait que le régime des castes a généralement prévalu dans les sociétés primitives. Les produits industriels d'une caste impure ou inférieure pouvaient être frappés de discrédit; la métallurgie paraît s'être trouvée dans ce cas, à son origine.

D'après la Bible, le travail des métaux était une des spécialités de la descendance de Caïn le maudit. Les Égyptiens considéraient le fer comme un os de Typhon, le dieu du mal. Il n'est pas étonnant que les castes sacerdotales aient donné la préférence, dans certains cas, à une substance vierge, à un éclat de silex par exemple. Chez les Hébreux eux-mêmes, nous trouvons cette préférence consacrée par la religion. « Si tu m'élèves un autel de pierre, dit Jéhovah dans l'Exode, tu ne le feras point avec des pierres taillées; si tu y mets le ciseau, il sera souillé (chap. XX, v. 25). »

Le régime des castes peut expliquer aussi comment des peuples se servaient d'outils de pierre alors que les métaux étaient communément employés ailleurs. La métallurgie était le privilége et le secret de certaines classes d'hommes, de familles ou de clans, peu intéressés à favoriser la vulgarisation de leur art.

Les émigrants qui peuplèrent le monde appartenaient vraisemblablement à la classe des chasseurs ou des guerriers. Ils n'emportèrent pas avec eux le secret de la fabrication des métaux, et durent y suppléer par la taille de la pierre.

Aujourd'hui même, qu'on jette certains Européens, en pleins pays déserts, loin des grands courants de la civilisation, sans autre ressource que leur industrie personnelle, combien y en a-t-il qui seraient capables de traiter les minérais et de se fabriquer des outils et des armes?

La colonisation, à notre époque, ne donne pas une idée exacte de ce qu'elle fut aux premiers âges du monde. Les émigrants modernes ne se séparent jamais complétement de leur base d'opération.

Les choses durent se passer tout autrement aux époques primitives. Les hardis aventuriers qui vinrent les premiers visiter les régions inhabitées de l'Europe occidentale se trouvèrent séparés par d'énormes distances de leur point de départ, et durent se suffire à eux-mêmes; ce qui explique les différences profondes des industries à des époques peut-être synchroniques.

Certains faits nous permettraient de supposer que les chasseurs de rennes, par exemple, qui ont laissé leurs traces parmi les gisements quaternaires de l'Europe, n'étaient point de grossiers sauvages, comme les Néo-Calédoniens ou les Australiens de nos jours. Leurs admirables sculptures sur os et sur pierre, le respect dont ils entouraient leurs morts, nous induisent au contraire à penser que leur développement intellectuel et moral était supérieur à ce que nous connaissons de leur industrie, et que l'emploi exclusif d'armes ou d'outils en pierre n'est pas incompatible avec un certain degré de civilisation.

En résumé, les faits peuvent à mon sens s'interpréter autrement que ne l'a fait M. Cartailhac et que ne le professe en général l'école transformiste. Si la réalité d'un âge de pierre initial n'est point inadmissible, il a pu être très court et très limité dans le temps et dans l'espace; et il n'y a aucune difficulté à croire que la majeure partie des instruments de pierre qu'on trouve répandus à la surface du monde entier soient postérieurs à l'invention des métaux.

Sans nier que, dans un certain nombre de cas, les idées superstitieuses aient pu produire ce mélange d'industries diverses signalé par M. Cartailhac, je ne crois pas possible, dans l'état actuel de nos connaissances, d'assigner des limites précises à l'emploi des instruments de pierre. J'accorde qu'on est allé un peu vite en déduisant d'un fragment d'épopée en langue francique, retrouvé par M. Jacob Grimm, que les guerriers germains du temps d'Odoacre se servaient encore des haches en pierre. Le mot *staimbort* ne peut vouloir dire une hache de pierre. Je reconnais aussi que le texte de Guillaume de Poitiers relatif aux Anglo-Saxons qui combattirent à Hastings est obscur : *Jactant cuspides ac diversorum generum tela, sævissimas quasque secures et lignis imposita saxa.* Mais peut-on affirmer que tous les objets de pierre retrouvés, par exemple, dans des tombeaux francs ou gallo-romains sont des amulettes empruntées à l'outillage préhistorique? N'est-il pas naturel de penser que l'emploi de la pierre s'est prolongé encore pendant d'assez longs siècles après la connaissance des métaux?

La question est posée et non résolue et nous avons le droit de repousser les conclusions systématiques et prématurées. Il est plus sûr de nous tenir dans les limites rigoureuses de la méthode d'observation, d'où il ressort simplement ceci : à l'époque quaternaire et au début de l'époque géologique actuelle, les Européens se servaient d'instruments de pierre à l'exclusion des métaux; mais les limites de cette industrie, dans le temps comme dans l'espace, sont encore indécises. Quand les géologues nous auront montré en dehors de l'Europe des faits stratigraphiques analogues à ceux que nous avons étudiés en Occident, nous verrons ce qu'il faut en conclure. Mais nous n'en sommes pas encore là. Les faits connus sont encore trop rares, trop exceptionnels pour qu'on puisse les accepter sans contrôle.

L'âge du bronze. Origine de la métallurgie en Europe. — On voit, par ce qui précède, que je ne fais aucune opposition systématique à l'expression, âge de pierre, prise dans un sens local et particulier. Tout en rendant justice au livre de M. Cartailhac, rempli de faits très curieux et très utiles à connaître, je m'élève seulement contre une idée conçue *a priori*, et dont la preuve n'est pas encore établie.

J'en dirai autant de l'âge de bronze.

J'accepte parfaitement un âge de bronze pour l'Europe, par exemple, ou pour l'Égypte, c'est-à-dire, une phase industrielle pendant laquelle on fabriquait communément en bronze les outils et les armes fabriqués depuis exclusivement en fer. Mais personne ne m'ayant encore appris si le fer a été découvert avant ou après le bronze, je ne m'aventurerai pas à dire que l'industrie métallurgique a commencé par un âge de cuivre, auquel aurait succédé un âge de bronze, puis un âge de fer. Cette succession est possible; elle est logique; mais n'est qu'une hypothèse.

Quelques archéologues très autorisés vont plus loin. Ils nient complétement la réalité d'un âge de bronze, même local. Pour eux, les instruments de bronze se présentent tout simplement à l'état erratique en

même temps que le fer, et leur emploi ne caractérise nullement une période industrielle déterminée.

Le récent (1) ouvrage de M. Chantre jette, me semble-t-il, de vives lumières sur la question, non-seulement pour la France, comme son titre modeste pourrait le faire croire, mais pour l'Europe entière.

L'auteur consacre son premier volume à la description et à l'énumération des objets attribués à l'âge de bronze; il montre qu'ils suffisent à tous les besoins d'une civilisation très complète : matériel de fonderies, ustensiles et outils divers, armes, armures, harnais de cheval, objets de parure, rien n'y manque.

Puis il décrit les gisements et constate qu'ils peuvent être répartis dans trois groupes : l'un formant la transition de l'âge de pierre à l'âge de bronze, l'autre où le bronze règne dans tout son développement et enfin le troisième où le fer fait son apparition.

Les objets provenant du matériel de fonderies, tels que moules et culots de bronze, ne se trouvent que dans les gisements du deuxième groupe : d'où l'on est autorisé à conclure que pendant la première époque le bronze ne se fabriquait pas en Europe, qu'il y arrivait par voie d'importation, et qu'il a été par conséquent découvert soit en Asie, soit ailleurs.

D'après M. Chantre, le bronze serait venu primitivement d'Orient par deux voies, la Méditerranée et le Danube. Puis une fois la fabrication indigène établie, il se serait formé des centres de production, ayant chacun leur physionomie distincte, constituant par conséquent des groupes que l'archéologie a étudiés, définis et délimités.

Le courant méditerranéen avait donné naissance à deux groupes ou deux provinces : l'Italo-Grecque comprenant non-seulement l'Italie et la Grèce, mais l'Asie mineure, la Palestine, Suez, l'Algérie, l'Espagne et la France méridionale; et en second lieu la Franco-Suisse où se trouve le reste de la France, la Suisse, le Luxembourg et la rive gauche du Rhin.

Le courant danubien se subdivise en trois provinces : 1° la Hongroise, embrassant les bassins du Danube de l'Adige jusqu'au Modénais et au Parmésan, du Dniester, de la Vistule et de l'Elbe. 2° La Scandinave, correspondant à l'Allemagne du nord, au Danemark, à la Suède et à la Norwège, moins la Laponie; enfin la Britannique qui comprend les Iles Britanniques, la Bretagne et la côte normande jusqu'en Belgique.

A ces deux grands courants M. Chantre en ajoute un troisième venu par le nord-est : c'est son groupe ouralien, formé des provinces finlandaise, russe et sibérienne.

On conçoit que, pour qu'une industrie ait pu se transformer au point de revêtir ces caractères locaux, qui impriment à chaque groupe sa phy-

(1) *Études paléoethnographiques dans le bassin du Rhône. Age du bronze. Recherches sur l'origine de la métallurgie en France.* Lyon, 1875-1876. 3 vol. in-4°, avec 362 fig. dans le texte, 4 cartes et un album de 79 pl. in-fol. Daté de 1875-76, le livre de M. Chantre, n'a été terminé et n'a paru que cette année.

sionomie propre, il a fallu du temps. L'industrie du bronze a donc été non-seulement générale en Europe, mais de longue durée, ce qui suffit pleinement pour justifier l'expression : âge du bronze.

Le tableau récapitulatif qui termine le troisième volume, confirme ces conclusions, par l'éloquence des chiffres qu'il renferme. Ce n'est point sur quelques pièces isolées, erratiques que M. Chantre a établi ses vues d'ensemble. Le nombre des pièces qu'il a cataloguées, s'élève au nombre respectable de 32418, représentant, comme je l'ai dit, tous les produits les plus variés d'une civilisation complète.

On a suggéré à propos de l'âge de bronze égyptien, qu'il ne représente pas l'industrie pharaonique telle qu'elle était, parce que les objets déposés dans les musées, proviennent presque exclusivement des nécropoles, et que le fer en a été systématiquement éliminé en vertu de coutumes religieuses.

Cette objection est-elle applicable à nos collections d'origine européenne ? Les tableaux récapitulatifs de M. Chantre tranchent la question : Les objets qui y figurent ont été trouvés dans les circonstances les plus variables ; ils ne forment donc pas un groupe artificiel et exceptionnel.

Ce que j'ai dit de l'âge de pierre, je le répéterai pour l'âge du bronze. Ce serait aller à l'encontre des faits connus que de lui imposer des limites trop absolues. Il y a certainement une période de transition, un laps de temps encore indéterminé, pendant lequel l'industrie du fer s'est mêlée à celle du bronze. Mais cela ne supprime pas la notion d'un âge de bronze que M. Chantre établit, comme on vient de le voir, sur un ensemble considérable de faits méthodiquement présentés. Son livre, enrichi d'un magnifique album de 79 planches in-folio, est une œuvre vraiment magistrale, très honorable pour son auteur, et qui remplit une lacune importante des études anthropologiques et archéologiques.

Adrien ARCELIN.

GÉOLOGIE

—

Parallélisme fossilifère des terrains dévoniens d'Amérique et d'Europe. — Les principaux types organisés qui caractérisent les périodes anciennes en Europe se suivent, à peu de chose près, de la même manière dans les formations géologiques de l'Amérique du Nord : c'est un des faits capitaux de la paléontologie, et que M. de Verneuil fit admirablement ressortir dès 1847 dans un travail magistral consacré à l'examen des fossiles communs aux deux continents (1). Rien ne montre mieux,

(1) Note sur le parallélisme des roches des dépots paléozoïques de l'Amérique septentrionale. avec celles de l'Europe, suivie d'un tableau des espèces

ainsi que l'a dit Agassiz (1), que le développement du règne animal obéit à une loi intrinsèque et générale et qu'il est indépendant, à tout prendre, des circonstances physiques au milieu desquelles vivent les espèces. Depuis de Verneuil, l'étude paléontologique détaillée des terrains paléozoïques aux États-Unis a fait connaître de nouveaux rapprochements. James Hall, le grand paléontologiste de New-York, vient de publier un atlas de 136 planches comprenant la reproduction, en partie d'après photographies, des principaux fossiles recueillis dans les formations dites de *Lower Helderberg*, d'*Hamilton*, et de *Chemung*, lesquelles embrassent la presque totalité des terrains dévoniens dans l'Union américaine. La concordance fossilifère des deux continents s'y manifeste d'une manière frappante.

Un des savants les plus compétents dans la question, M. Kayser, a fait dernièrement à la Société géologique de Berlin (2), l'analyse du grand travail de James Hall. Familiarisé au plus haut degré avec les fossiles dévoniens de l'Allemagne, Kayser reconnaît immédiatement dans les planches de l'ouvrage américain beaucoup de formes essentielles de notre continent et en particulier presque toutes celles qui sont le plus caractérisques. Quelques-unes portent des noms différents, mais elles désignent le même être. Parmi ces espèces que connaissent si bien les chercheurs de la Belgique et du nord de la France, on trouve comme trilobites, *Phacops latifrons* et *Cryphœus calliteles*; en fait de céphalopodes, *Goniatites retrorsus* et *G. intumescens;* en fait de Gastéropodes, des Bellérophons, des Évomphales semblables à ceux des calcaires dévoniens du Rhin. Les brachiopodes en particulier, qui fournissent aussi bien par leur structure que par l'abondance des exemplaires un point de repère si commode pour les assises dévoniennes, se répètent des deux côtés de l'Atlantique d'une manière étonnante. L'atlas de Hall reproduit les *Spirifer Verneuili*, *cultrijugatus*, *lævicosta;* les *Atrypa reticularis*, les *Cyrtina heteroclita*, les *Athyris concentrica*, les *Rhynchonella cuboides*, les *Productus subaculeatus*. Il en est de même de la plupart des polypiers et notamment de la *Calceola sandalina* des schistes calcareux de l'Eifel.

A côté de ces ressemblances décisives des faunes dévoniennes d'Europe et d'Amérique, celle de ce dernier continent offre comme particularité un rapprochement fort intime de sa division inférieure (Lower Helderberg) avec les couches siluriennes supérieures de la même région. La présence tardive de certains types siluriens appartenant aux trilobites *(Calymene)*, aux céphalopodes (*Trochoceras*), aux graptolites (*Dictyograptus)*, avait fait penser à M. Barrande que le Lower Helderberg appartenait au terrain silurien. Mais le savant travail de James Hall montre que ces formes dites siluriennes sont associées en Amérique à un

fossiles communes aux deux continents, avec l'indication des étages où elles se rencontrent, et terminée par un examen critique de chacune de ces espèces. (*Bulletin de la Soc. géologique de France*, 2e série, IV, p. 646 et suiv.)

(1) *De l'espèce et de la classification en zoologie*, Paris 1869, pp. 14-21.

(2) *Zeitschrift der Deutsch. geologischen Gesellschaft*, XXIX, p. 848-852.

si grand nombre de genres et d'espèces du terrain dévonien, que l'opinion du grand naturaliste de Prague en est fort ébranlée. Au surplus, Kayser relève plus d'une analogie entre les fossiles inférieurs d'Amérique et ceux qu'on rencontre dans les étages F, G et H du terrain silurien supérieur de Bohême, ainsi que dans le terrain silurien du Hartz. Mais on trouve, dans ces deux dernières contrées, un certain nombre d'espèces significatives, communes également aux assises dévoniennes de divers pays d'Europe, tels que la Thuringe, le Frankenwald, les environs de Wissenbach, le Nassau, les environs de Néhou. Il en résulte, d'après Kayser, qu'on peut considérer comme dévoniennes les portions les plus supérieures du bassin silurien de la Bohême ; et il estime que l'ouvrage de James Hall, en montrant la compénétration mutuelle des faunes siluriennes et dévoniennes aux États-Unis, appuie cette manière de voir. En somme les recherches des géologues américains apprennent que la période dévonienne, tout en gardant son individualité, se soude intimement à la période précédente aux États-Unis; et, en Europe même, depuis plusieurs années, on constate les indices d'un phénomène semblable. Il en résulte qu'on peut hésiter sur le rang assignable à certaines formations intermédiaires plus ou moins liées à celles qui les précèdent et à celles qui les suivent. C'est une conséquence qui se reproduit vers les limites de la plupart des grandes divisions géologiques.

Le Cotopaxi et sa dernière éruption du 26 juin 1877, d'après le Dr Th. Wolff. — Le Cotopaxi appartient, comme on sait, à ce groupe si remarquable de colosses montagneux, la plupart d'origine volcanique, qui surgissent du plateau formé par les Andes de Quito, et que domine le dôme trachytique du Chimborazo. Le Cotopaxi est le plus élevé de tous les volcans actifs de ce pays (1). Il l'emporte même sur l'Antisana, quoiqu'en disent des mesures fautives répétées dans de récents et savants ouvrages : il atteint 5943 mètres d'altitude d'après l'opération trigonométrique du Dr Reiss, et le Chimborazo ne le dépasse que de 367 mètres. Il est célèbre par la majesté de son cône de neige, qui monte éblouissant sous le ciel bleu de l'Équateur avec une pente moyenne de 40° à l'horizon, et qui vu de loin paraît modelé avec une régularité géométrique. Il l'est plus encore par les éruptions redoutables dont il est le théâtre et qui, depuis la découverte de l'Amérique ont désolé les contrées voisines à diverses reprises, après des intervalles de repos plus ou moins longs.

Les accès de ce volcan terrible se manifestent dans des crises de durée inégale que séparent des périodes de tranquillité susceptibles de se prolonger pendant des siècles. Après les éruptions violentes qui accompagnèrent l'arrivée des *Conquistadores* dans l'Amérique du sud, le Cotopaxi se reposa deux cents ans. Il rentra subitement en 1742 dans une phase d'activité paroxysmale; dans l'espace de vingt-six ans il eut sept

(1) Si l'on ne range pas le Sahama de la Bolivie et l'Aconcagua du Chili parmi les volcans actifs, et c'est l'opinion la plus générale, il se pourrait que le Cotopaxi fut actuellement la plus élevée des montagnes ignivomes.

éruptions dont quelques-unes durèrent plusieurs jours, et dont la dernière convertit en désert la belle et fertile province de Latacunga. Un intervalle de 35 années de tranquillité suivit la catastrophe de 1768 : après quoi survint l'épouvantable cataclysme du 4 janvier 1803, qui transforma une grande partie de la neige du cône en un torrent dévastateur, et qui fut accompagné de détonations souterraines que Humboldt entendit de la baie de Guayaquil, à 350 kilomètres de distance. On cite des éruptions en 1845, 1851, 1853, 1855, 1856, 1863 et 1866, mais la plupart très inférieures en violence à celles qui ont été mentionnées plus haut. Il n'en est plus de même de celle du 26 juin 1877 ; elle est comparable par la grandeur des phénomènes aux plus fameuses éruptions antérieures.

D'après l'abbé Th. Wolff, à qui nous empruntons les renseignements qui suivent (1), certains signes avant-coureurs précédèrent l'éruption du 26 juin 1877. Depuis le commencement de l'année une colonne de vapeurs et de fumée s'élevait du sommet de la montagne. Au mois d'avril, le cratère projeta des cendres et des rapilli avec assez d'abondance pour faire disparaître une partie de son cône neigeux sous un manteau noir. Ces dégagements de vapeurs et ces projections de matières incohérentes se renouvelèrent à plusieurs reprises et sans atteindre une intensité notable ; et le 26 juin, à six heures du matin, les habitants de la vallée de Latacunga voyaient le volcan s'élever très calme en apparence dans l'azur du ciel. Tout à coup, à sept heures, une gigantesque colonne de cendres et de fumée semblable à celle qui signala l'éruption de 79 au Vésuve et que Pline a si bien décrite, s'élança verticalement de la cime jusqu'à huit ou dix mille mètres de hauteur. Arrivée là, elle s'étendit horizontalement comme un voile funèbre, changeant le plein jour en crépuscule et même en nuit sur une surface immense. Le vent soufflait du Sud-Est, et l'obscurcissement de l'atmosphère s'étendit surtout dans la direction de Quito et plongea cette ville dans d'épaisses ténèbres vers le milieu de la journée.

Mais ce n'était là que le prélude. A dix heures du matin, le phénomène éruptif atteignit son paroxysme qui fut marqué par deux ordres de faits concomitants : 1° des détonations sourdes semblant partir d'une énorme profondeur ; 2° le jaillissement de la lave liquide et incandescente par le sommet du volcan. Les détonations dont il s'agit ici, remarquées lors des grandes éruptions antérieures du Cotopaxi, ont pour caractère capital d'être beaucoup plus sensibles à de grandes distances que dans le voisinage lui-même de l'orifice d'éruption. Déjà au XVIIIe siècle, on avait relevé ce fait bizarre que le *tonnerre du volcan* était très bruyant dans la

(1) *Geognostische Mittheilungen aus Ecuador*, *Der Cotopaxi. Neues Jahrbuch für Mineralogie*, *Geologie*, *etc.*, 1878. Minéralogiste, Géologue et Botaniste éminent, M. Wolff habite l'Équateur depuis plusieurs années. On lui doit une suite d'études d'une grande valeur sur la structure et la composition pétrographique des Andes de Quito. Il est très heureux pour la science qu'un homme aussi bien préparé ait été à même d'explorer le Cotopaxi quelques semaines après la grande éruption de 1877.

région de Pasto ou de Popayan et sur la côte du Pacifique, tandis qu'on l'entendait à peine à Quito ou à Latacunga. Mais cette donnée si importante au point de vue de la théorie volcanique trouvait des sceptiques parmi les géologues. Les affirmations d'un témoin comme M. Wolff doivent la faire accepter désormais comme une chose certaine. D'après les renseignements recueillis sur les lieux immédiatement après l'évènement, à Latacunga, à Mulalo bâti presque au pied du volcan, on n'entendit pas les bruits souterrains. A Quito, situé à environ 60 kilomètres, quelques personnes seulement observèrent des roulements sourds semblables à ceux d'une canonnade très lointaine. Mais dans les environs de Guayaquil, dans la province de Cuenca, sur la côte péruvienne de Piura, c'est-à-dire à 350, 400 et 450 kilomètres du Cotopaxi, le retentissement était comparable à celui de violentes décharges d'artillerie produites à peu de distance. Wolff qui entendait ces détonations à Guayaquil crut qu'on faisait l'exercice du canon dans la savane avoisinant la ville. Ailleurs dans la même province et dans le Cuenca, les autorités et les milices citoyennes furent très alarmées croyant entendre une lutte à main armée qui aurait subitement éclaté dans le pays. Le Dr Wolff en conclut que les chocs souterrains, cause de ce genre de détonations, ne se produisent pas dans la cheminée du volcan, car en ce cas on les percevrait surtout à proximité du cratère. Mais ils se produisent dans les profondeurs du foyer volcanique, ou dans la masse ignée qui s'étend sous la voûte du globe et dans laquelle s'alimentent les volcans. Si, avec le grand nombre des géologues, on admet que le foyer d'un volcan n'est pas un réservoir circonscrit qui lui soit propre, mais que ce foyer est en rapport immédiat avec le noyau igné de la terre, on conçoit qu'au moment d'une éruption paroxysmale, quand les masses comprimées s'ouvrent violemment un passage à travers le conduit terminal, il s'opère, par suite de la rupture d'équilibre, des explosions en divers points de l'immense masse fluide interne, et qu'elles éclatent en des points très distants de l'orifice. En tel état de choses, l'onde d'ébranlement résultant du choc atteindra souvent beaucoup plus facilement à certains points situés à la surface et très éloignés du volcan, qu'elle n'arrivera à ce dernier lui-même. Ainsi, par exemple, une explosion s'opérant à la base de la voûte du globe sous la ville de Guayaquil serait probablement trois fois plus rapprochée de cette ville que du sommet du Cotopaxi, et l'intensité du bruit, toutes choses égales, y serait très supérieure.

En même temps que les districts écartés de la République de l'Équateur retentissaient des mugissements du sous-sol, des torrents de lave s'échappaient de la cime du Cotopaxi pour se déverser sur les pentes du cône. Suivant les observations précises que l'abbé Wolff eut l'occasion de faire lors de l'ascension qu'il accomplit au cratère quelques semaines plus tard, la lave fut émise le 26 juin avec tant d'abondance qu'elle déborda simultanément par le pourtour entier du cratère, dépassant même le bord nord qui est le plus élevé d'après les mesures antérieures du Dr Weiss. La durée de cette émission lavique n'est pas susceptible d'être donnée avec exactitude, parce que, pendant toute cette phase de la crise,

la montagne fut enveloppée dans l'obscurité. Arrivées sur la crête, les laves conservant encore une température très-élevée redescendirent avec rapidité les versants extérieurs du Cotopaxi, en pénétrant plus ou moins profondément dans l'épais manteau de neige et de glace qui enveloppe le pic sur près de 2000 mètres de hauteur verticale. On peut se faire une idée de l'effroyable et subite débâcle qui en résulta. En peu de minutes une avalanche d'eau mêlée à des blocs de glace, à des quartiers de rochers, à la lave brûlante, à des masses de scories, de sable et de cendres, se précipita du sommet, en se concentrant surtout dans les longues dépressions qui sillonnent le cône et qui, vues de près, en font disparaître la régularité. Ces longues rigoles des régions supérieures du Cotopaxi se réunissent vers la base du cône dans un certain nombre d'énormes ravins *(huaicos, quebradas)*, œuvres des torrents, qui découpent profondément le piédestal surbaissé de la montagne, et qui deviennent à leur tour des têtes de vallées par où s'écoulent le Rio de Pedregal, le Rio Cutuchi et d'autres affluents de l'Océan Pacifique ou de l'Amazone. Dans la région déserte qui règne en-dessous de la limite des neiges perpétuelles où la pente est encore très considérable,les *huaicos* ont des berges verticales de 60 mètres et plus de profondeur, et néanmoins leur section était à peine suffisante pour donner passage à la débâcle qui se précipitait des hauteurs pendant l'éruption. Mais plus bas, dans la région occupée par la végétation et les cultures, qui n'est plus qu'une plaine faiblement inclinée, les bords des *quebradas* sont beaucoup moins élevés, et les torrents volcaniques s'épanchaient au large avec une incroyable furie à travers les champs cultivés, les prairies, les fermes, les fabriques, les routes, emportant tout sur leur passage. La masse fluide s'avançait avec la rapidité de l'ouragan. Entre les villages de Callo et de Mulalo, où l'on est déjà dans la plaine, le courant roulait, d'après les observateurs, avec une vitesse de 10 mètres par seconde : et la vitesse devait être beaucoup plus grande sur les pentes en arrière. En une demi-heure,il avait parcouru la vallée du Cutuchi jusqu'à Latacunga, c'est-à-dire une trentaine de kilomètres depuis le cône d'éruption, et couvert les rives sur une largeur variant de un à dix kilomètres. L'événement arrivant vers le milieu de la journée, le très grand nombre des habitants put échapper en se sauvant à temps sur les collines : néanmoins plus de trois cents personnes périrent enveloppées par le fléau rien que dans le district de Latacunga. Le curé de Mulalo racontait à l'abbé Wolff que, du haut du clocher de son église, il avait vu dans la plaine de Rumipaniba des familles de riches planteurs, maîtres, dames, enfants, domestiques, qui fuyaient le torrent boueux de toute la vitesse de leurs chevaux; mais atteints par lui ils étaient engloutis en un clin d'œil sans laisser de traces.

Une éruption de cendre et de sable avait précédé l'émission des laves : celle-ci fut suivie d'une seconde projection de cendres encore plus abondante que celle du matin, et qui prolongea l'obscurité pendant l'après-midi dans les provinces de Leon et de Pichincha. L'alluvion boueuse de la dernière éruption constitue une masse hétérogène, où des fragments de tout volume composés d'andésite (c'est la roche fondamentale du

Cotopaxi), sont mêlés à beaucoup de débris de végétaux, à partir de la région occupée par des forêts et des plantes herbacées. On y trouve, au milieu des ponces et des débris de lave, des troncs d'arbres et de grands fragments gazonnés arrachés aux prairies. Dans le premier moment d'énormes blocs de glace étaient charriés avec le reste des sédiments jusqu'à d'énormes distances. On a trouvé des fragments de glace transportés à 80 kilomètres du cône : ce qui montre que la température de cette grande alluvion volcanique n'était pas élevée, bien qu'en certains points il ait pu se faire, comme des témoins l'assuraient, que l'eau fut très échauffée par le contact de laves encore brûlantes.

Quand l'abbé Wolff, accompagné de son élève et ami, M. Sandoval de Latacunga, fit l'exploration et l'ascension du Cotopaxi six semaines après l'événement de juin, le volcan dégageait encore beaucoup de fumée. Son cône, vu du plateau de Planchas, à 12 kilomètres de distance, laissait apercevoir à peine quelques traînées blanches de neige : tout le reste était sombre et l'on pouvait croire que les produits à haute température avaient fait disparaître en peu d'heures toute la calotte glacée du volcan. C'était l'opinion générale dans le pays, opinion très appuyée par l'aspect extérieur de la montagne après les éruptions. Humboldt y croyait. Pour expliquer les terribles inondations du Cotopaxi lors de l'éruption de 1803 et dans d'autres cas semblables, il affirme que le volcan a fondu en quelques heures tout son manteau de neige. Mais il n'en est rien, comme on s'en convainc quand on examine les choses de près. Wolff remonta les pentes du cône en suivant quelques-uns des *huaicos* et des ravins qui le sillonnent. Les escarpements latéraux de ces profondes entailles fournissent d'admirables coupes, où l'on peut très bien se rendre compte de la structure du Cotopaxi. Notre savant voyageur reconnut, dans ces tranchées, que l'aspect pierreux du cône était dû à une couche de sable et de rapilli rejetés par le cratère, et qui s'étendait comme un tapis au dessus de l'ancienne couche de neige et de glace. Celle-ci avait plus ou moins disparu dans les dépressions les plus profondes où s'étaient concentrées les grandes coulées de lave chaude, mais elle avait été respectée presque complétement ailleurs. Dans les escarpements latéraux des ravins, Wolff constata des séries très régulières de couches de glace alternant avec des couches de sable ou de cendre volcanique, parfois associées avec des blocs éboulés. L'épaisseur totale de cette enveloppe moitié pierreuse, moitié glacée, est inconnue, mais en tout état de cause très considérable. Dans quelques endroits propices, on la voit à découvert sur 40 à 50 mètres, mais elle peut pénétrer bien plus bas encore. Dans les éruptions, les cendres et autres débris incohérents qui retombent en pluie sur le cône forment une couche mauvaise conductrice de la chaleur, qui protége les neiges sous-jacentes. D'après Wolff, l'éruption du 26 juin 1877 n'a pas fondu la dixième partie des glaces et des neiges qui constituent la carapace du Cotopaxi. Néanmoins cette fonte partielle suffit à expliquer le volume des torrents qui parcoururent toutes les vallées rayonnant de la montagne. Même en partant des données les moins favorables à cette manière de voir, M. Sodiro de Quito a démontré mathématiquement que

les inondations du 26 juin pouvaient être produites par une portion très incomplète des neiges accumulées sur le volcan.

Il résulte de ces données que les inondations de boues volcaniques *(moya)*, si célèbres dans toutes les éruptions du Cotopaxi, s'expliquent parfaitement par la fusion des neiges et des glaces du cône, et qu'il n'y a pas de raison de faire intervenir des dégagements directs d'eau chaude par la cheminée volcanique, ainsi que le soutiennent encore beaucoup d'habitants du pays (1).

L'exploration de Wolff au Cotopaxi dura quatorze jours. Cette exploration et l'ascension au sommet du cratère présentaient encore plus de difficultés qu'à l'ordinaire, à la suite du dernier cataclysme. Les hauts *paranos* de la montagne étaient complétement abandonnés; on n'y trouvait plus une hutte de berger pour se mettre à couvert. D'un autre côté, le cône avait subi de graves modifications qui rendaient impraticable le chemin qu'on avait suivi auparavant pour parvenir à la cime. Malgré ces désavantages et un temps contraire, le Dr Wolff et M. Sandoval, aidés de quelques hommes de peine, accomplirent courageusement leur projet. Voici les principales conclusions auxquelles est arrivé le premier de ces intrépides naturalistes.

Le Cotopaxi, contrairement à l'opinion souvent exprimée dans les ouvrages de géologie, et particulièrement depuis Boussingault, n'est pas formé d'un monceau de débris trachytiques, anguleux, soulevés à l'état solide et accumulés sans ordre. C'est un cône d'éruption gigantesque composé de vraies coulées de lave entremêlées à une masse immense de débris incohérents comme tous les volcans en rejettent. On y trouve de nombreux bancs de lave ancienne, cristalline, compacte ou celluleuse, toujours revêtus de lits de scories, appartenant à diverses époques d'éruption, et parmi ces bancs il en est qui ont cent mètres d'épaisseur.

Les laves dégorgées du cratère lors des dernières éruptions ne se sont pas figées sous l'aspect de masses allongées, cohérentes, telles qu'on est habitué à les voir dans les coulées classiques. La raideur de la pente sur ce cône incliné à 40 degrés et l'abondance des glaces ne le permettent pas. La lave s'y disperse en blocs et en fragments plus ou moins séparés l'un de l'autre qu'on retrouve sur les flancs de la montagne en longues bandes ou traînées déjà très bien décrites par Humboldt à propos du Cotopaxi et de l'Antisana (2). On retrouve ces mêmes monceaux de lave, à demi scorifiés vers les bords et accumulés en monticules allongés, sur le dos des hauts *paranos*, au pied du cône, là où la pente moins raide permet aux matières solides précipitées de s'arrêter. Wolff a rencontré, près des *huaicos* de Manzona, des collines ayant 1000 mètres de long, 200 de large,

(1) M. Reiss avait déjà donné des alluvions volcaniques du Cotopaxi une explication semblable à celle du Dr Wolff. *(Zeits. der Deutsch. geolog. Gesells.* XXV, s. 83).

(2) Voy. particulièrement *Cosmos*. T. IV, pp. 360-366. D'ailleurs trop préoccupé peut-être de la théorie de Boussingault, Humboldt ne paraît pas avoir saisi tout à fait le caractère de ces traînées de blocs.

8 à 10 de hauteur, composées de morceaux (*klumpen*) de lave de la dernière éruption, entremêlés de sables et de débris volcaniques. Les laves entassées à l'état fragmentaire conservaient encore une chaleur assez élevée pour dégager des fumerolles aqueuses ayant une température de 90° centigrades. On se convainc que ces laves encore chaudes étaient à l'état fluide ou du moins visqueux en descendant les pentes de la montagne, parce qu'elles empâtent parfois des scories et des morceaux de lave plus ancienne. On a répété souvent, dans les ouvrages de géologie, que les volcans des Andes équatoriales ne donnaient pas de coulées de lave et ne lançaient que des vapeurs, des gaz et des produits incohérents. Les faits précités démontrent le contraire. Au surplus, depuis plusieurs années, Weiss, Stübel et Wolff avaient prouvé surabondamment l'existence de vraies coulées laviques au Cotopaxi, à l'Antisana au Tunguragua et autres massifs éruptifs des Andes (1). En même temps la reconnaissance des bancs de lave, correspondant à chacune des éruptions, et qui apparaissent nettement à la base même du Cotopaxi, fait tomber l'hypothèse de Boussingault, suivant laquelle ce colosse était dû au soulèvement en masse des roches andésites déjà consolidées.

Par contre, les belles déductions d'un autre savant français, de Ch. Ste-Claire Deville, sur les émanations gazeuses des volcans, trouvent une confirmation des plus remarquables dans la dernière exploration du Cotopaxi. Après avoir constaté l'abondance de la vapeur d'eau dans les fumerolles qui s'échappaient des laves récentes accumulées vers la base du cône, Wolff rencontra sur les pentes de celui-ci, à partir de 4,600 mètres d'altitude, des dégagements nombreux d'acide sulfhydrique et d'acide sulfureux. En montant plus haut, les émanations précédentes cessèrent. A partir de 400 mètres en dessous de la cime, elles firent place à des dégagements d'acide chlorhydrique, qui s'échappaient de toutes les fissures et qui devinrent de plus en plus abondants à mesure que les voyageurs approchaient du bord même du cratère. Celui-ci conservait encore une température élevée, et les vapeurs chlorurées s'en dégagaient en telle quantité, que le séjour sur le bord supérieur était pénible et dangereux. C'est la première fois que l'on constate les acides du chlore dans un volcan de l'Amérique du Sud. Mais ce qui est le plus intéressant, c'est de voir au Cotopaxi comme au Vésuve, un même foyer volcanique émettre des gaz différents d'après le degré de l'activité éruptive, et l'ordre de ces émanations exactement identique dans le grand volcan de la République de l'Équateur et dans le petit volcan des environs de Naples.

La formation du loess en Chine, d'après M. von Richthofen. — Les explorations géologiques faites dans les autres continents ne doivent pas être considérées comme une simple extension de nos connaissances stratigraphiques à des régions éloignées, elles conduisent à des comparaisons très fécondes, et qui servent à éclaircir des difficultés que l'étude

(1) *Jahrb. der Min. und Geol.* 1874-1875, u. s. w.

des formations européennes laissait non résolues. Ainsi, les observations consignées par M. de Richthofen, à la suite de ses grands voyages en Asie et en Amérique, jettent du jour sur l'origine des vastes dépôts de limon, tels que le loess du Rhin, de la Saxe, du Danube. qui ont, comme on sait, une si grande importance agricole. Après douze années consacrées à l'exploration du sol des pays transatlantiques et qui comprennent notamment un voyage au Japon, et sept grands voyages dans l'Empire chinois, M. de Richthofen vient de publier sur ce dernier pays l'œuvre la plus considérable que l'on possède au point de vue géographique et géologique (1). Il apporte les renseignements les plus précieux sur la structure de l'Asie centrale, sur la climatologie, sur les matières minérales utilisables, sur le commerce intérieur du continent asiatique, même sur l'histoire de la géographie d'après les sources chinoises. Parmi les questions géologiques abordées par le savant voyageur, dans la partie publiée de son œuvre, il n'en est point sur laquelle il insiste autant que sur les formations superficielles d'origine aqueuse et atmosphérique.

M. de Richthofen distingue dans le continent asiatique un noyau central (Asie centrale), caractérisé par ce fait que les eaux n'y ont pas d'écoulement extérieur; et une partie périphérique, laquelle comprend les régions dont les cours d'eaux aboutissent à l'Océan ou à d'anciens bassins marins, aujourd'hui isolés, tels que la Caspienne ou le lac d'Aral.

Une différence essentielle existe entre ces deux grands domaines. Dans le premier, soustrait généralement à l'action des eaux courantes, tous les produits provenant de la décomposition chimique et mécanique des roches demeurent sur le sol, et les dépôts qui en proviennent sont le plus souvent subaériens. Dans le domaine drainé, au contraire, les dépôts accusent par leur structure l'influence des eaux qui les ont transportés et d'où ils ont été précipités.

Le Loess du nord de la Chine s'étend sur une portion très considérable du bassin du fleuve Jaune. Il y atteint l'épaisseur inouïe de 300 à 500 mètres. C'est une terre jaunâtre qui offre une analogie complète avec le loess du continent européen. Même absence de vraie stratification, même concrétions calcareuses *(Lössmännchen)*, même couleur et finesse de grain, même friabilité, et en même temps même stabilité dans les escarpements verticaux, qui présentent près des rives de quelques rivières jusqu'à 180 mètres d'élévation. Il a une composition minéralogique semblable au loess de nos contrées; étant généralement criblé de perforations capillaires dues à la dissolution partielle du carbonate calcique, ce qui lui communique la propriété d'absorber les eaux superficielles comme le ferait une éponge: dans de rares occasions il offre par suite de certaines actions mécaniques et d'un mélange différent des composants un caractère plus imperméable. Cette formation est de la plus grande importance agricole et économique pour le nord de la Chine. Plusieurs millions d'hommes

(1) *China, Ergebnisse eigener Reisen und darauf gegründeter Studien.* 1. Bd. Berlin, 1877. 4°. XLII und 758 s.; 70 Holzschnitte u. 11 Karten.

de cette contrée habitent, suivant M. de Richthofen, des grottes artificielles creusées dans le loess. Ce savant voyageur a vu le loess persister avec tous ses caractères, et s'élever de plateaux en plateaux jusqu'à plusieurs milliers de mètres au-dessus de l'Océan; et il affirme d'après toutes les circonstances, qu'il a dû se produire après que le continent asiatique avait acquis sa configuration actuelle. D'après cela, l'auteur ne pense pas que l'on puisse considérer cet immense dépôt du loess, dans ses parties essentielles, comme s'étant effectué dans des mers intérieures ou de vastes lacs : pour lui, c'ést un dépôt tellurique, dans l'édification duquel ont concouru la désagrégation des roches sur place, en même temps que les ruissellements de la pluie entrainant les particules terrestres des proéminences dans les dépressions : mais il résulte surtout de l'action du vent si puissante pour accumuler les matériaux solides réduits en poudre, et qui atteint une intensité prodigieuse dans les contrées de l'Asie intérieure où l'on peut assister à d'effroyables tempêtes de poussière. En fait d'organismes on ne rencontre dans le loess tellurique que des racines et autres restes d'innombrables plantes, des ossements de mammifères et des coquilles de mollusques terrestres. On n'y a pas même constaté jusqu'à présent une coquille d'eau douce. Richthofen dit que cette grande formation a dû se produire dans une région de steppes salines, privée d'écoulement vers la mer. A l'époque des pluies diluviennes cette région est entrée partiellement en communication avec la portion périphérique du continent. Les canaux tortueux et profonds où coulent quelques rivières traversant le loess se sont creusés alors, et le terrain ainsi drainé s'est trouvé débarrassé par dissolution et transport d'une grande partie du sel qu'il détenait.

Dans d'autres régions de l'Asie centrale, M. de Richthofen distingue un *loess aquatique*. Celui-ci diffère du *loess tellurique* parce qu'il présente une stratification très nette, parce que, n'ayant pas la structure capillaire de l'autre loess, il possède une imperméabilité relative qui retient les eaux et donne lieu aux étangs et aux lacs des steppes; enfin parce qu'il garde une teneur en sel qui fait que les eaux n'y sont pas potables. Généralement en Asie, les régions des steppes salines avec formation de limons lacustres sont encadrées de la région très vaste occupée par le loess proprement dit.

Cette distinction qu'établit M. de Richthofen pour l'Asie chinoise, d'un limon résultant de la précipitation dans le sein de l'eau, et d'un loess essentiellement terrestre formé à l'abri des eaux des lacs et des rivières permanentes, aggloméré presque exclusivement par les actions atmosphériques, il l'étend aux autres régions où l'on a constaté des terrains analogues. Il la retrouve dans le loess et les steppes salines du plateau de l'Iran (1) : dans plusieurs grands dépôts de limon de l'Europe centrale, qui

(1) Les observations d'un géologue qui a très récemment visité la Perse, M. E. Tietze, appuient tout à fait la manière de voir de M. de Richthofen. Elles assignent aussi une origine aérienne au loess qui recouvre certaines portions du plateau de la Perse. (*Verhandlung der K. K. geologisch. Reichsanstalt*, 1877, Bd. 27. p. 1).

selon lui constituait autrefois un plateau intérieur isolé des mers comme l'est aujourd'hui la Tartarie chinoise. Il reconnaît aussi des limons superficiels des deux catégories précédentes dans les immenses dépôts superficiels qui recouvrent ou circonscrivent le grand bassin de l'Amérique septentrionale ou qui se prolongent plus ou moins à l'est de la Sierra Madre jusqu'au plateau du Mexique. Enfin il les voit encore dans les immenses pampas de la République Argentine qui atteignent plus de 400 milles géographiques de largeur sous le 30e parallèle du sud, et qu'on poursuit du Brésil jusqu'à la Patagonie. Là encore,dans ce Terrain Pampéen de d'Orbigny qui a fourni tant d'ossements d'Édentés fossiles, on découvre un sol impalpable, calcaréo-quartzeux et argileux, qui a comblé toutes les inégalités du terrain sous-jacent, qui n'offre aucune stratification et qui s'est formé sous un ciel sec. A part quelques découpures où repose un limon remanié par les eaux, ce terrain possède les caractères lithologiques du loess de la Chine, et doit être comme ce dernier d'origine sous-aérienne.

Nous n'oserions dire, comme le fait un des plus savants recueils de l'Allemagne (1), que la science doit à ces grandes vues de M. Richthofen une théorie finale sur la formation du loess, restée si obscure jusqu'à présent. Mais il est certain que les considérations et les données apportées par cet illustre explorateur doivent être présentes désormais aux géologues qui s'appliquent à l'étude d'un des étages géologiques les plus précieux pour l'homme et en même temps les plus difficiles à interpréter. On doit remarquer ici la grande part que M. de Richthofen fait à un agent généralement négligé, aux courants atmosphériques, dans la formation d'un terrain qui offre parfois avec une puissance considérable une immense étendue. Toutefois nous rappellerons que longtemps avant le savant explorateur de la Chine, en 1857, M. Virlet d'Aoust lisait à la Société géologique de France une note du plus grand intérêt sur un terrain meuble d'origine aérienne qu'il avait constaté dans son voyage en Mexique (2). M. Virlet montre que ce terrain jaunâtre, meuble comme le loess, ayant jusqu'à 100 mètres d'épaisseur, s'élevant à des hauteurs considérables, est le produit des trombes de poussière qui circulent sur le plateau mexicain, et qu'il continue de s'accroître de nos jours. M Virlet, en écrivant cette note, avait conscience d'avoir saisi le secret d'un mode d'action géologique de grande importance, distinct de tous ceux qui sont signalés ordinairement pour la formation des terrains : et il ajoutait avec beaucoup de coup-d'œil que les mêmes terrains sous-aériens se retrouveraient sur un grand nombre d'autres points du globe. Il est très remarquable aussi que M. Stanislas Meunier, frappé

(1) *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palæontologie. Leonhard und Geinitz*, 1877, s. 759.

(2) *Bull. de la Soc. géologique de France*, 2e série, T. XV, pp 129-139. Observations sur un terrain météorique ou de transport aérien qui existe au Mexique, et sur le phénomène des trombes de poussière auquel il doit principalement son origine.

des considérations de M. Virlet, ait eu, de son côté, l'idée de les appliquer précisément à l'explication du loess du bassin de Paris. « Il est très probable, dit-il, que beaucoup de ces dépôts considérés comme le résultat des seules eaux pluviales, seront rangés parmi les formations aériennes, ou tout au moins devront être considérés comme ayant une origine mixte, c'est-à-dire, comme dus au concours simultané d'alluvions pluviales ou aériennes (1).

C. de la V. P.

THÉRAPEUTIQUE.

—

Iodure d'éthyle. — Dans la revue de thérapeutique de la dernière livraison (avril 1878, page 670), il s'est glissé une erreur chimique que je tiens à rectifier. L'iodure d'éthyle n'est pas, comme je le disais, un mélange de deux parties en volume d'alcool et d'une partie d'acide iodhydrique. — On obtient ce corps, en distillant, après quelque temps, un mélange, fait en certaines proportions, de phosphore rouge, d'iode et d'alcool.

Traitement de la coqueluche par la teinture de drosera (2). — Bien des traitements ont été tour à tour préconisés, puis abandonnés, dans cette maladie si pénible pour les enfants et pour les parents, et si dangereuse à un certain âge. Le Dr Louvet-Lamare propose une médication, qui n'est peut-être pas nouvelle, mais qu'il a instituée dans un très grand nombre de cas, de manière à pouvoir lui attribuer une très grande efficacité. Il faut distinguer principalement deux périodes dans cette affection : la première, dite catarrhale, la seconde, dite nerveuse, caractérisée par ces longues quintes de toux si douloureuses pour les enfants. Dans la première période, il faut surtout combattre et modérer l'élément inflammatoire. Le Dr Louvet préconise dans ce but la teinture de bryone, qu'il administre à la dose quotidienne de 1 gramme pour un enfant de sept ans; ce médicament diminue la violence de la toux, stimule l'appétit et favorise l'expectoration. Si c'est nécessaire, il administre un vomitif; enfin il recommande le repos en chambre.

Dès que l'élément quinte s'accentue, il a recours à la teinture de drosera (3), qu'il donne à la dose de 1 gramme pour un enfant de sept ans. Il

(1) *Géologie des environs de Paris*, Paris, 1875, p. 429.

(2) Mémoire lu à la Société de thérapeutique de Paris par le Dr Louvet-Lamare.

(3) Le *drosera rotundifolia* est une plante annuelle, qui a été peu employée jusqu'ici. On l'a cependant recommandée dans l'hydropisie, la phtisie et les fièvres intermittentes.

augmente même tous les deux jours la dose quotidienne de cinq gouttes, et il arrive à guérir en un espace de temps qui varie de quelques jours à deux ou trois semaines. On peut aller jusqu'à des doses très fortes, 8 et même 10 grammes par jour. Cependant il ne dépasse ordinairement pas 5 grammes. Il recommande en même temps le changement d'air ; mais il insiste sur les précautions à prendre pour les promenades en plein air lorsque les conditions atmosphériques sont mauvaises.

Enfin il surveille attentivement la poitrine des petits malades, pour prévenir les complications qui peuvent survenir Il confie ordinairement le thermomètre aux parents; dès que celui-ci indique une élévation de la chaleur animale d'un degré ou plus, il faut ausculter le malade.

Il est difficile de juger de l'efficacité de ce traitement; l'auteur n'ayant pas cru devoir citer ses observations à l'appui de sa thèse. Je me suis, pour ma part, toujours bien trouvé de deux formules, un peu complexes, mais qui modèrent rapidement les quintes de toux. Voici la première : poudre de racine de belladone, 8 centigram., musc pulvérisé, 30 centigr., camphre pulvérisé, 30 centigr., sucre pulvérisé, 2 grammes, divisez en douze poudres, dont on donne une à deux par jour. La seconde est : cochenille, 1 gramme, carbonate de potasse, 1 gramme, eau bouillante, 100 grammes, ajoutez sir. de bellad., 20 grammes, sir. d'ipeca, 30 grammes. Une cuill. toutes les deux heures. Le remède le plus efficace, lorsque les quintes persistent malgré tous les efforts, est le changement d'air. On obtient ainsi des succès vraiment frappants.

Du mode d'action des hypnotiques. — M. C. Binz (1) a institué un certain nombre d'expériences, assez curieuses, dont il est difficile d'apprécier l'importance, mais qui pourront être utiles à l'observation.

Il a mis les substances qui agissent sur le système nerveux en rapport avec des morceaux de substance cérébrale qui viennent d'être enlevés à un animal vivant; et il a constaté que les hypnotiques et les anesthésiques exercent une action altérante sur les tissus nerveux; les autres poisons nerveux paraissent, au contraire, sans action. Il émet donc l'hypothèse que la morphine, le chloral, l'éther et le chloroforme possèdent une grande affinité pour la substance cérébrale ; celle-ci fixerait pour un certain temps les hypnotiques, et le changement d'état moléculaire qui en résulte rendrait les cellules impropres à exercer les fonctions de l'état de veille.

Sur les effets diffusés des injections hypodermiques de chloroforme (2). — M. Dujardin-Beaumetz a institué des expériences sur les animaux et sur l'homme, pour rechercher si le chloroforme administré

(1) *Centralblatt für med. Wissenschaft*, n° 47, et *Journal de thérapeutique*, 25 mai 1878.

(2) Travail présenté à la Société de thérapeutique de Paris; séance du 8 mai 1878.

hypodermiquement à dose suffisante ne produirait pas l'anesthésie générale, comme lorsqu'il est inhalé ou même pris par la bouche.

Il a trouvé que ce médicament, administré sous la peau, détermine d'abord une phase d'excitation, puis un sommeil prolongé, *mais sans anesthésie*. Quelques sujets sont cependant réfractaires à cette action; tels sont les alcooliques et les hystériques.

Il est assez étonnant que le chloroforme exerce une action si différente suivant qu'on le livre à l'absorption du tissu cellulaire ou à la voie pulmonaire. Voici l'explication qu'en donne M. Dujardin-Beaumetz : quand le chloroforme est inhalé, il passe très vite dans le cœur par l'intermédiaire de la petite circulation, et de là à la moelle et au cerveau. Lorsque, au contraire, cet anesthésique est introduit en injection sous-cutanée dans l'économie, il ne passe dans le sang que par fractions minimes et successives; puis, il s'échappe bientôt de l'économie par les voies respiratoires. S'il arrive aux centres nerveux, c'est en quantité trop faible pour produire l'anesthésie.

Quant au sommeil prolongé que détermine l'injection hypodermique, le savant thérapeutiste français admet que le patient en éliminant le chloroforme par les voies respiratoires, crée autour de lui une atmosphère chargée des vapeurs de ce dernier, lesquelles seraient réintégrées dans l'organisme par la respiration.

Quoi qu'il en soit de cette explication un peu hasardée, me semble-t-il, il faut retenir ce fait pratique, que le chloroforme administré hypodermiquement, calme les états douloureux par une action locale si la dose est minime, et qu'à une dose supérieure à 4 grammes, il détermine un sommeil prolongé, sans anesthésie générale.

Des injections hypodermiques de chloroforme contre les névralgies. — C'est le Dr E. Besnier (1) qui a eu le premier l'idée d'administrer le chloroforme par la méthode hypodermique, dans le but de calmer les douleurs locales. Il résulte de ses observations que ces injections ne produisent ni douleur ni accident local, et qu'elles calment la douleur aussi bien que la morphine, sans que le malade soit exposé à aucun des dangers du morphinisme aigu ou chronique.

Le Dr Stedman (2) a recueilli huit observations de névralgie, traitées par les injections sous-cutanées de chloroforme dans son service du *Boston City Hospital*. Tous les malades furent soulagés momentanément; dans un cas, le soulagement persista pendant 15 heures ; dans un autre, 24 heures. Deux malades furent guéris, les autres soulagés.

Dans un cas, chez une malade atteinte de sciatique, l'auteur fit une injection de 50 centigrammes de chloroforme, et, le lendemain, une injection de 7 centigrammes de sulfate de morphine.— Le chloroforme semble avoir produit un effet plus marqué.

(1) *Bulletin général de thérapeutique*. t. XCXIII, p. 433.
(2) *Boston med. and surg. journal*. 24 mai 1877.

Un nouveau mydriatique (1). — La *Duboisia myoropoides* est un arbrisseau indigène de l'Australie. Ses caractères botaniques en font une plante difficile à classer; elle est intermédiaire entre les scrofulariacées et les solanées. Il y a de bonnes raisons en faveur de l'un et de l'autre de ces classements.

C'est le Dr Bankroft de Brisbane qui découvrit le premier les propriétés mydriatiques de la Duboisia. Le Dr Fortescue de Sydney ayant observé aussi ces propriétés, envoya de l'extrait de Duboisia à Londres, où il fut expérimenté par le professeur Sidney Ringer et le Dr Sweedy. Il passa ensuite en France, où le professeur Galezowski, le Dr de Wecker, le professeur Gubler l'essayèrent à leur tour.

Voici les résultats obtenus par M. Gubler. Administré en injection hypodermique d'un demi-milligramme d'extrait de Duboisia, les effets ont été peu marqués; il y a de la sécheresse de la gorge et quelques troubles de la vue. A la dose de 1 milligramme en injection, on détermine de la soif, des troubles de la vue, de l'accélération du pouls, de la rougeur de la peau, enfin un certain degré de paralysie musculaire, qui ne survient pas à la suite de l'injection d'atropine. L'action de la duboisine est donc plus marquée que celle de l'atropine. La Duboisia jouit des mêmes effets que l'atropine contre les sueurs profuses. M. Gubler l'a administrée plusieurs fois à des tuberculeux atteints de sueurs nocturnes; il en a obtenu de bons effets.

La duboisine exerce une action mydriatique puissante, plus puissante même que l'atropine, sans se montrer plus irritante.

A la mydriase qui se développe très rapidement, s'associe une paralysie absolue de l'accommodation, tandis que pour amener à une complète impuissance le muscle ciliaire, il faut revenir à plusieurs reprises à des instillations de fortes doses d'atropine.

M. de Wecker ne croit pas que cette puissance d'action de la duboisine soit capable de rompre des synéchies postérieures que l'atropine n'aurait pu détacher. D'après ses observations, la duboisine ne réussit pas, lorsque l'atropine a échoué.

Un des plus heureux résultats de la découverte de la duboisine s'ap-

(1) Professor Oliver of Kow. *The Lancet*, march 2, 1878.

The alcaloid and active principle of Duboisia myoropoides (*Pharmaceutical journal*, 6 april 1878).

On the mydriatic properties of Duboisia myoropoides, by John Sweedy.

Its general physiological action, by Sidney Ringer.

Des caractères botaniques du Duboisia myoropoides, par le Dr de Lanessan. *Bulletin général de thérapeutique*, 30 avril 1878, p. 362.

Les propriétés mydriatiques de la Duboisia myoropoides, par G. N. Alexandroff, *Journal de thérapeutique*, 10 avril 1878, p. 256.

Sur l'action physiologique et thérapeutique du Duboisia et de la duboisine, par M. Gubler, *Soc. de thérap.*, séance du 24 avril 1878.

De l'emploi comparé de l'ésérine, de l'atropine et de la duboisine en thérapeutique oculaire, par le Dr de Wecker. *Bulletin génér. de thérap.*, 30 avril 1878, p. 337.

plique aux personnes douées d'une idiosyncrasie particulière, et aux cas où on a fait un usage prolongé de l'atropine. Dans ces cas, les instillations d'atropine produisent des irritations conjonctivales intenses, qui se reproduisent à chaque instillation, même après une suspension de plusieurs années. Dans ces cas, on était obligé de recourir aux frictions belladonées, à l'extrait de jusquiame, à la daturine. Or maintenant on peut employer la duboisine sans qu'il en résulte la moindre gêne, même chez les malades qui montrent l'intolérance la plus accusée pour l'atropine.

Un des dangers que peut présenter cet alcaloïde est d'augmenter la pression intra-oculaire.

Du traitement de l'érysipèle à la clinique chirurgicale de Greifswald (1). — Dans son traité de pathologie externe générale, le professeur Hueter, de Greifswald, expose que d'après lui la cause du développement et de la propagation de l'érysipèle se trouve dans l'éclosion et la multiplication de bactéries; en même temps il prétend avoir trouvé de grandes affinités entre l'érysipèle et la diphtérie. D'après lui, cette complication des plaies doit être exclue de la classe des exanthèmes aigus. Il en tire cette conclusion pratique qu'il faut pour combattre cette maladie, instituer un traitement local en rapport avec cette notion étiologique.

Il essaya d'abord avec succès des embrocations goudronnées, dont l'efficacité fut surpassée de beaucoup par les injections sous-cutanées d'une solution d'acide phénique, pratiquées sur les bords des plaques érysipélateuses (2).

Voici le procédé recommandé par M. Hueter. Il pratique des injections hypodermiques d'une solution d'acide phénique (3 p. c.); il faut de 3 à 5 injections suivant l'étendue du mal. Les injections n'arrêtent pas le processus inflammatoire dans toute son étendue; elles n'exercent leur action que dans des limites assez restreintes; en moyenne le cercle d'action du médicament équivaut à environ la moitié d'une carte à jouer. Si la distance qui sépare deux places d'injection dépasse la surface d'une carte à jouer, on voit l'inflammation érysipélateuse progresser et s'étendre en bandes plus ou moins larges. Si on abandonne ces injections, le processus inflammatoire continue, et se réunit même au-delà du territoire protégé par l'injection, de manière qu'on voit des îlots de peau saine semés au milieu de plaques érysipélateuses.

Il est clair que si on pouvait pratiquer les injections assez nombreuses et assez rapprochées pour que la surface d'action de chacune d'elles se confondît avec les voisines, on arrêterait du même coup tout le travail morbide. Mais dans les érisypèles un peu étendus, cela est impossible, d'abord parce qu'il faut éviter l'intoxication phéniquée, ensuite à cause de la douleur des injections trop fréquentes et trop nombreuses. Mais dans les érisypèles moins considérables, M. Hueter est souvent parvenu à arrêter complétement les progrès du mal. Le grand point est d'arriver

(1) *Berliner klinische Wochenschrift*, 17 juin 1878.

(2) *Centralblatt der medicinische Wissenschaft*, 1874, n° 5.

à temps; c'est aux infirmiers qu'il faut recommander de surveiller attentivement les blessures ou plaies, et avertir le chirurgien dès que les premiers signes d'un érisypèle se déclarent.

Le professeur Hueter cite 13 cas d'érisypèle traités de cette manière; chaque fois les progrès du mal furent arrêtés dès la première application du remède.

Cette médication avait déjà été instituée avec succès par le Dr Aufrecht, de Magdeburg (1), sur quatre cas d'érysipèle. Elle a donc la sanction de l'expérience et on peut, avec raison, l'instituer chaque fois que l'on voit survenir cette complication, redoutée des chirurgiens, surtout dans les hôpitaux fort encombrés.

Des injections intra-veineuses de lait au lieu de la transfusion du sang. — Le Dr Gailliard Thomas a exposé devant la Société médicale de New-York (2), l'essai qu'il a fait de remplacer le sang par le lait pour l'opération de la transfusion. Il injecte de 180 à 360 grammes de lait de vache qui vient d'être trait. Cette opération est suivie, comme la transfusion sanguine, d'un violent frisson et d'une élévation de la température; ces phénomènes sont passagers et bientôt une amélioration survient dans l'état général du patient. Le Dr Thomas a pratiqué cette opération sept fois; il a exposé à la Société deux cas dans tous leurs détails : le premier concernait une dame, qui avait subi une violente hémorrhagie pendant qu'on lui pratiquait l'ovariotomie; la guérison fut assez rapide. Dans le second cas, on dut répéter l'injection plusieurs fois; le succès ne fut pas durable; la malade était agonisante au moment de la première injection. D'après l'auteur, la vie fut tout au moins prolongée. Il considère cette opération comme dépourvue de tout danger, si le lait est bien frais et vient d'être trait. Il recommande ces injections dans toutes les défaillances graves de l'organisme, telles qu'après des opérations, dans le choléra, certaines formes de pneumonie, le typhus, etc.

De l'action du magnétisme et de l'électricité statique sur l'hémianesthésie hystérique. — Nous avons déjà mentionné dans une des revues précédentes de thérapeutique les effets si singuliers de la métallothérapie. Le Professeur Charcot a toujours interprété l'action des métaux par le développement de courants galvaniques faibles. Sur les conseils du savant professeur de Paris, le Dr Vigouroux a étudié l'influence de barres magnétiques sur la sensibilité de personnes hémianesthésiques (3). Il est arrivé à ce résultat, que, si on approche de très près les barres magnétiques de la peau, *sans la toucher* cependant, on produit les mêmes phénomènes que par les applications métalliques. Il a toujours constaté le retour de la sensibilité; ainsi que les autres phénomènes concomitants

(1) *Centralblatt für die medic. Wissenschaft*, 1874, n° 9.
(2) *New-York Medical Record*, 27 avril 1878.
(3) *Gazette médicale*, n° 18. — 1878.

déjà observés par M. Burcq; l'achromatopsie disparaissait également; le phénomène du transfert de la sensibilité d'un côté à l'autre fut aussi évident. Enfin le retour de l'anesthésie, après qu'on a retiré les barres magnétiques, ne se fait guère plus attendre qu'après la cessation des applications métalloscopiques. On peut donc dire qu'il y a grande analogie, sinon identité d'action, entre la métalloscopie et l'influence des courants magnétiques.

Dr Mœller.

HYGIÈNE.

—

Du choix de l'eau potable (1). — Avant de choisir une eau, il est indispensable d'en étudier plusieurs au point de vue de la composition et des modifications qu'elles subissent sous le sol ou à sa surface. Nous ne parlerons guère de l'eau météorique telle qu'elle tombe sur le sol. En traversant l'air, elle se charge d'oxygène et d'azote, de minimes quantités d'acide carbonique, d'ammoniaque, d'acide nitrique, d'acide nitreux, et d'un peu de poussières minérales, végétales ou animales. Certes cette eau est salubre et potable; mais le peu de sels et d'acide carbonique qu'elle contient, lui donne un goût fade qui la fait tout d'abord délaisser; c'est elle cependant que nous reprendrons plus tard, sous forme d'eau de source ou d'eau de rivière, et c'est cette transformation que nous devons étudier en ce moment.

L'eau de pluie tombe-t-elle sur des roches primitives, telles que le granit, elle leur emprunte en les traversant un peu de sels de chaux et de magnésie, en même temps qu'un goût agréable, surtout si, en sortant de terre, elle court sur un terrain rocailleux. Les chocs et les obstacles qu'elle y doit rencontrer lui fourniront en effet un nouvel oxygène pour remplacer celui que la filtration à travers le sol lui aura enlevé. Elle réunit alors les meilleures conditions d'une eau potable.

Mais, le plus souvent, l'eau tombe sur des terrains habités, ou cultivés, ou couverts de forêts. En y pénétrant, elle y rencontre des matières organiques animales ou végétales, en état de décomposition, et provenant des plantes mêmes que le sol entretient ou des engrais qu'on y a déposés. Les éléments de l'air dissous dans l'eau s'unissent à ceux des matières organiques, et de leur combinaison résulte la formation d'eau et d'acide carbonique et azotique qui s'attaquent aux bases terreuses, chaux et magnésie. Et comme le terrain lui-même et les engrais con-

(1) Voir le travail de M. Hoehereau dans le *Journal de la Société des Sciences médicales et naturelles de Bruxelles*. Nos de janvier, février, mars, avril et mai 1878.

tiennent des phosphates, des sulfates, des azotates et des chlorures, de calcium, de potassium et de sodium, l'eau se charge de nombreux principes dont dépendent ses propriétés de salubrité ou d'insalubrité.

L'oxygène est le principal agent des opérations chimiques qui s'accomplissent dans le sol. Il oxyde les matières organiques par une combustion lente et donne comme principal produit l'acide carbonique. Dès lors on conçoit très bien que cet acide sera d'autant plus abondant dans l'eau que le terrain lui-même contiendra plus de substances animales ou végétales. L'expérience confirme cette prévision. MM. Boussingault et Lévy ont trouvé qu'un sol qui n'avait pas été fumé depuis un an, contenait cependant encore 9 litres d'acide carbonique par mètre cube, c'est-à-dire 22 fois autant que l'air extérieur; tandis qu'un sol fumé depuis huit jours en contenait 98 litres, 245 fois autant que l'air extérieur. La plus grande partie de l'acide carbonique forme un carbonate insoluble ou très peu soluble; mais, par sa transformation en bicarbonate, il peut se dissoudre au point qu'on en a trouvé 1,28 gramme par litre dans la source de Belleville.

L'eau souterraine est donc riche en acide carbonique ou en carbonate de chaux; mais vient-elle au contact de l'air atmosphérique, l'acide carbonique s'échappe en partie et le carbonate de chaux, qui ne devait sa dissolution qu'à la présence de ce gaz, se précipite. La richesse d'une eau en acide carbonique, en y maintenant en solution une substance indigeste, peut donc être pour elle une condition d'insalubrité. Et à ce point de vue une eau de source qui arriverait aux points de distribution, sans avoir été suffisamment aérée, sans avoir éprouvé, par exemple, de chutes en cascades dans un réservoir, pour y perdre son acide carbonique et y gagner de l'oxygène, serait inférieure à l'eau de rivière.

Il ne sera pas inutile d'exposer sommairement ici le procédé qui permet d'apprécier la richesse de l'eau en sels de chaux et de magnésie, ce sont en effet ceux-là que l'on y rencontre surtout, et dont la présence en forte proportion peut rendre l'eau insalubre. On recourt pour cet examen à l'hydrotimètre, instrument gradué de telle façon que si, après l'avoir chargé d'eau jusqu'à une hauteur déterminée, on y verse une quantité, déterminée aussi, de liqueur de savon, le nombre de degrés marqués par la mousse que provoque l'agitation du liquide, indique en centigrammes la quantité de sels terreux contenus dans un litre de l'eau analysée. Si l'eau était tellement riche en sels terreux que le chiffre des degrés marqué sur l'échelle fût insuffisant, on l'étendrait de partie égale ou de deux fois son poids d'eau distillée, et le résultat obtenu serait multiplié par 2 ou par 3.

Quelle part faut-il attribuer, dans le résultat obtenu, à la chaux et à la magnésie? Supposons que l'eau en expérience nous donne le chiffre de 25°, c'est-à-dire 25 centigrammes de sels pour un litre; voici comment il faudra procéder :

1° On précipitera dans un échantillon de cette eau tous les sels de chaux au moyen de l'oxalate d'ammoniaque. Je suppose qu'on n'obtienne plus que 11° de l'hydrotimètre. Si nous retranchons ces 11° des 25° de l'eau

naturelle, il nous reste 14° ou 14 centigrammes pour la part de tous les sels de chaux.

Veut-on savoir la quantité de carbonate qui entre dans ces sels calcaires? On fait bouillir doucement pendant une demi-heure une seconde portion d'eau à analyser; la chaleur chasse l'acide carbonique et précipite le carbonate de chaux. On filtre et on recherche le degré hydrotimétrique de l'eau ainsi dépouillée de son carbonate. On trouve 15° par exemple; on fait subir à ce chiffre une réduction, car il reste en solution un peu de carbonate évalué à 3°, et nous avons 12°, c'est-à-dire 12 centigrammes de sels au lieu de 25; donc 13 centigrammes représentent bien la quantité d'acide carbonique et de carbonate de chaux.

Pour connaître la quantité de sels de magnésie, on réunit les deux opérations précédentes, c'est-à-dire, on fait bouillir, on filtre et on traite par l'oxalate d'ammoniaque. Ainsi l'eau est débarrassée des sels de chaux et, par l'ébullition, de tout l'acide carbonique qui pouvait encore s'y trouver dissous. Si l'eau ainsi traitée donne 8° à l'hydrotimètre, c'est qu'elle contient 8 centigrammes de sels de magnésie. Réunissant les sels de chaux et les sels de magnésie, et retranchant leur total de 25°, il nous reste 3° pour l'acide carbonique.

Le carbonate de chaux et l'acide carbonique réunis équivalent à 13°. Donc 13 — 3 ou 10 sera la part du carbonate de chaux.

Les sels calcaires se chiffrant par 14° et le carbonate par 10°, il reste 4° pour les autres sels représentés surtout par le sulfate.

Comme on le voit, ce procédé d'analyse est des plus simples. Pour être bonne, l'eau doit dissoudre par litre de 10 à 30 centigrammes de sels terreux; au-dessous de cette limite, elle se rapproche de l'eau distillée; au-dessus, elle devient incrustante, cuit mal les légumes et décompose le savon. En tout cas, elle doit contenir peu de sulfate de chaux.

Si, par exception, certains estomacs s'accommodent d'une eau qui en contient une forte proportion, il faut, en général, ne considérer comme potable que celle qui n'en renferme pas plus de 4 centigrammes. On ne doit pas oublier que le sulfate de chaux est assez abondant dans les vertèbres des rachitiques, et l'on peut se demander s'il n'y aurait pas entre le sel et la maladie une relation de cause à effet.

L'acide azotique ou les azotates ne font point partie de nos tissus. Dès lors il n'est pas indifférent de les ingérer tous les jours avec l'eau qui nous sert de boisson. *A priori* on peut les considérer comme inutiles à l'homme en état de santé, et comme d'un autre côté leur présence nous révèle dans la source ou le puits qui les fournissent, l'existence de matières organiques en décomposition, immondices, suintement des égouts, des fosses d'aisance, etc.. il faudra s'abstenir avec soin de faire usage de l'eau qui les renferme.

A la suite des substances solides, arrêtons-nous un instant aux principes gazeux qui les accompagnent et dont les plus importants sont l'oxygène, l'azote, l'acide carbonique. Peut-être l'azote n'a-t-il, ici comme dans l'air, d'autre fin que de corriger l'action trop énergique des autres gaz. Quant à l'acide carbonique, il aide à la digestion. Néanmoins, comme

pour les azotates, lorsqu'il se trouve en trop grande quantité, on peut se demander s'il ne provient pas de la décomposition des substances organiques, et s'il n'y a pas lieu d'abandonner une eau, fraiche et agréable, mais pouvant être malsaine. Au contact de l'air, l'acide carbonique s'échappe de l'eau, et l'oxygène, en faible proportion dans l'eau des sources et des puits, se rencontre en plus forte quantité dans l'eau des rivières et des chutes pluviales. Ainsi d'après MM. Hugueny et Poggiale on a trouvé :

	OXYGÈNE	AZOTE	ACIDE CARBONIQUE
pour 19 sources	5.80	16.69	23.11
» 20 puits	5.83	19.12	15.82
» 25 rivières ou lacs	7.17	15.81	9.89
» 2 chutes pluviales	10.10	20.05	0.85

Les matières organiques que l'on rencontre dans les eaux nous amènent à parler du rôle de l'oxygène. Ces matières peuvent exercer une influence terrible sur l'état sanitaire des populations. Tout le monde connaît aujourd'hui le fait de la transmission par l'eau, de la fièvre typhoïde, du choléra... Disons-le en passant, on ne pourrait trop insister sur la désinfection sérieuse des déjections, provenant de malades atteints d'affections contagieuses, ni sur la nécessité de travaux propres à détourner les eaux souterraines des cimetières de nos sources d'eau potable.

Toutes les substances organiques sont loin d'engendrer des effets pernicieux; mais il nous est malheureusement impossible à l'aide de nos moyens actuels d'en étudier exactement la nature, les proportions, le degré d'altération, sans compter que parfois, malgré leurs terribles conséquences, on ne parvient pas à les découvrir. Et pourtant ces matières se trouvent dans presque toutes les eaux : dans les eaux de sources à l'exception de celles qui proviennent de terrains primitifs; dans les eaux de puits qui en contiennent plus que les eaux de sources, à cause des suintements qui se font le long de leurs parois; et dans les eaux de rivière, d'abord parce que les sources dont elles dérivent en renferment, et parce qu'elles reçoivent des détritus de tout genre, charriés par la pluie qui tombe dans le bassin hydrographique du cours d'eau, ou amenés par les égouts collecteurs. Quand on songe aux graves conséquences que l'absorption des matières organiques peut entrainer, on se laisserait facilement aller à délaisser complétement l'eau de nos rivières et de nos fleuves. Mais par un travail incessant et vraiment providentiel, grâce au *tourbillonnement de la matière*, la purification en devient assez complète pour que nous devions la plupart du temps la préférer aux eaux de source. Cette purification de l'eau a lieu par l'action de l'oxygène, par les plantes des ruisseaux, par les mollusques et les poissons des fleuves. L'oxygène se combine avec les matières organiques et les transforme en produisant finalement de l'eau et de l'acide carbonique. Les plantes des rivières et des ruisseaux s'assimilent les mêmes substances organiques en décomposition, et les substances inorganiques, spécialement les sels terreux, nécessaires à la formation et au développement de leur sque-

lette. Et là où les plantes font défaut, nous voyons les mollusques et les poissons jouer un rôle analogue. La Seine nous offre un exemple remarquable de la transformation de l'eau, sous l'influence des agents de purification dont nous venons de parler. En amont de Paris son eau est salubre. En traversant la capitale, elle se charge de matières organiques qui la rendent détestable et nuisible. A Saint-Denis où les collecteurs viennent déverser leurs immondices, on n'y trouve presque plus d'oxygène (il a été employé aux combustions), mais une grande quantité d'azote, 98 grammes par mètre cube, indiquant elle-même la richesse de l'eau en substances organisées. S'éloigne-t-on de cette ville en descendant le fleuve on voit insensiblement l'oxygène reparaître, l'azote diminuer et disparaître, et à une distance de 65 kilomètres, l'eau reprend la salubrité qu'elle avait avant son entrée à Paris.

L'analyse des eaux de la Tamise, en amont et en aval de Londres, donne des résultats qui s'accordent avec les précédents.

Nous l'avons déjà dit, toutes les substances organiques ne rendent pas l'eau insalubre. De bons observateurs ont condamné, presque sans réserve, la consommation d'une eau contenant 1 et 2 centigrammes de matières organiques, tandis que l'on peut, en toute sûreté, faire usage de celle de la Dhuys (Paris), de la fontaine du Château d'eau, où l'on en trouve de 1,7 à 7 centigrammes. Il faut donc avoir égard à la nature des matières, et au temps pendant lequel l'air et les autres agents de purification peuvent agir sur elles.

Rapprochons de la composition des eaux les conditions de température et de limpidité qui leur sont propres. L'eau de source présente à l'endroit où elle sort de terre une température assez uniforme, et par conséquent préférable à celle de l'eau de rivière. Mais cet avantage disparait si, au lieu d'être prise à la source, l'eau arrive dans nos maisons par des conduites qui l'échauffent en été, la refroidissent en hiver, tout comme l'eau d'un fleuve amenée par les mêmes voies.

Quant à la limpidité, il est incontestable que la source l'emporte sur le fleuve, et cet avantage serait considérable si nous n'avions des moyens sûrs, rapides et peu dispendieux, de préparer une eau de transparence irréprochable. Nous voulons parler des filtres de M. Robert Thom, aussi simples qu'ingénieux, et dont le grand mérite réside dans un nettoyage facile et prompt par une eau qui les traverse en sens opposé à celle que l'on filtre. Ce courant de bas en haut reprend toutes les matières qui tendent à obstruer les interstices et les voies de filtration, pour les déverser ensuite au dehors.

Quelque abrégé que soit cet exposé de la composition et des qualités de l'eau, nous connaissons maintenant les principaux éléments qui doivent nous guider dans le choix d'une eau potable. Laquelle faut-il préférer?

Nous avons vu que l'eau de source, au point où elle vient sourdre de terre, contient beaucoup d'acide carbonique et de sels terreux, mais peu d'oxygène, car ce gaz a été employé à la combustion des matières organiques. L'eau de rivière, qui n'est en définitive que l'eau de la source,

courant sur le sol, recueillant il est vrai beaucoup d'immondices sur son passage, devient néanmoins potable en dehors des grands centres, grâce à l'absorption d'oxygène, aux plantes, aux mollusques et aux poissons. En perdant une grande partie de son acide carbonique par l'agitation continuelle à laquelle elle est soumise, elle laisse précipiter la plus grande partie de ses sels terreux, dont les organismes vivants la débarrassent encore en partie, et elle n'en devient que plus digestible. Elle renferme donc plus d'oxygène, moins de matière organique, moins d'acide carbonique et de sels terreux que l'eau de source, et doit à ce point de vue lui être préférée. Cette dernière ne conserve comme avantage que sa température et sa limpidité. Et encore ne lui appartiennent-elles pas exclusivement. On peut en faire bénéficier l'eau courante par les conduites souterraines et par la filtration. Mais une fois dans l'intérieur des maisons, les deux sortes d'eaux présentent les mêmes inconvénients.

Quant à l'eau de puits, renfermant plus de sels terreux et plus de matières organiques que l'eau de source, grâce aux suintements qui, provenant de la surface du sol, coulent le long de ses parois et finissent par les traverser pour se répandre à l'intérieur, elle doit être considérée comme inférieure aux deux précédentes.

Telles sont les idées le plus généralement reçues. Ce sont elles qui ont fait préférer aux eaux de source à Paris celle de la Seine, à Londres celle de la Tamise, à Bordeaux celle de la Garonne.

Distribution géographique de la phtisie pulmonaire (1). — M. Lancereaux, dans un travail qui porte ce titre, reconnaît que la phtisie pulmonaire existe dans tous les pays, chez tous les peuples, mais à des degrés variables. Elle est en effet rare dans les régions polaires, s'observe surtout dans les régions tempérées, particulièrement dans leurs grands centres industriels, et se montre souvent à l'état aigu dans les régions tropicales. Le froid n'engendre pas la tuberculose; les habitants des lieux élevés n'y sont pas plus exposés que ceux des régions polaires. Mais c'est bien dans les contrées basses, humides et chaudes qu'on observe le plus de tuberculeux. Un air insuffisant, une alimentation défectueuse, les excès alcooliques, le défaut d'exercice musculaire en sont les principales causes. Les peuples qui vivent à l'état sauvage et dont le régime ne comporte point ces fautes contre l'hygiène ne connaissent pas la phtisie. Cette maladie est donc inhérente à la civilisation, et on ne pourrait mieux la prévenir qu'en apportant les modifications directement contraires aux causes productrices du fléau : donc, grand air, exercice, habitations spacieuses...

Sur le climat d'Alger (2). — Rapprochons du travail de M. Lancereaux

(1) Académie de médecine de Paris. Séance du 25 juin 1877, v. *Progrès Médical*, 29 juin.

(2) *Prog. méd.* du 8 juin 1878.

une polémique soulevée récemment par M. Daremberg au sujet de l'influence pernicieuse qu'il attribue au climat algérien sur la marche de la phtisie pulmonaire. Il a rencontré de nombreux contradicteurs, et, comme nous ne pouvons avoir la prétention de trancher une question aussi contestée, contentons-nous de signaler les principaux inconvénients qu'il reproche à ce climat, c'est-à-dire, les variations brusques dans la pression atmosphérique, dans la température et dans l'état hygrométrique. Cette assertion, cause de tout le débat, ne parait pas faite à la légère, et, si nous considérons que l'on est loin de s'entendre sur la valeur curative de toute autre station qu'Alger, méditerranéenne ou alpestre, qu'elles ont toutes à leur charge de nombeuses accusations, nous conclurons que si le meilleur traitement des maladies est le traitement préventif, cela est surtout vrai, à propos de la phtisie, et que l'on ne pourra accorder trop d'attention au mémoire de M. Lancereaux.

Quelques conseils d'hygiène oculaire. Verres colorés (1). — La lumière naturelle, de même que la lumière artificielle, surtout celle du gaz et du pétrole, peut avoir un éclat dont il importe d'atténuer la vivacité pour ne pas compromettre le fonctionnement normal de la rétine. A côté de cet effet d'intensité, il faut placer l'action chimique qui en est inséparable, et qui a bien aussi son importance.

L'usage de verres colorés est le plus puissant moyen de corriger les fâcheux effets de l'éclairage. Autrefois la couleur verte était en vogue. Si elle peut être utile dans certains cas, à titre de stimulant, par exemple, dans l'atrophie de la pupille, quand il s'agit d'exciter un appareil nerveux en partie paralysé, on ne doit pas oublier, dans les autres cas, qu'elle laisse passer les rayons jaunes et orangés. Ce sont là les rayons les plus irritants pour la rétine, et leur action se rapproche de celle des lumières dont nous voulons atténuer les effets.

Le verre gris de fumée laisse passer également les rayons calorifiques et chimiques, en éteignant toutefois la lumière en masse; mais il diminue la netteté des images, et on doit lui préférer aujourd'hui le verre bleu cobalt de teinte peu foncée. Ce verre ne laisse passer ni les rayons calorifiques ni les rayons orangés, et l'usage en est très rationnel quand il s'agit de diminuer la congestion rétinienne et l'irritabilité de la choroïde, si communes chez les myopes.

Celui dont la vue est normale, l'emmétrope, y recourra à titre exceptionnel quand il faudra neutraliser les effets d'une lumière trop vive. Il emploiera à cet égard des verres plans, en crown glass, de préférence aux verres de flint ou de cristal de roche, susceptibles d'une double réfraction quand ils ne sont pas très exactement taillés. Le myope et l'hypermétrope prendront aussi une teinte claire pour les différentes courbures adaptées à leur vision.

Abordant la question des soins de propreté que demande l'œil,

(1) Dr Fieuzal. *Annales d'Hygiène publique.*

M. Fieuzal ne se montre pas partisan de l'eau froide. Il ne croit pas qu'elle convienne à la muqueuse oculaire, et il préfère l'eau tiède simple ou additionnée de quelques gouttes d'extrait de Saturne (sous-acétate de plomb liquide). Il condamne aussi l'usage de la salive à laquelle certaines personnes ont recours pour humecter le matin leurs paupières. Les amas de leptothrix (champignons de la salive) dans les conduits lacrymaux n'auraient pas d'autre origine.

Dr Dumont.

PHYSIOLOGIE.

Comment le charbon détermine-t-il la mort? — M. Pasteur avait attribué la mort par le charbon à l'absence d'oxygène dans le sang, les bactéridies s'emparant, aux dépens des globules, de l'oxygène introduit par les poumons (1). Toute plausible qu'elle ait dû paraître, cette opinion ne peut tenir en présence des faits constatés par M. Toussaint (2). Après avoir tenté en vain de combattre ce prétendu défaut d'oxygène en enfermant des lapins, auxquels il avait inoculé le charbon, dans des cloches contenant assez d'oxygène pour ranimer une allumette éteinte, cet observateur conçut des doutes sur la valeur de l'hypothèse de M. Pasteur. Pour s'éclairer, il recourut à l'autopsie et chercha à déterminer l'état du sang dans les vaisseaux. Il constata des lésions graves dans les membranes minces, l'épiploon et le mésentère, qui recouvrent l'estomac et maintiennent les intestins : un grand nombre de capillaires abondaient en bactéridies ; d'autres en étaient littéralement obstrués ; la même accumulation se faisait remarquer dans les villosités qui font saillie sur la paroi interne des intestins. Mais c'étaient les poumons qui avaient le plus souffert. Un petit fragment de cet organe, porté sous le microscope, laissait voir les bactéridies en tel nombre qu'on eût cru avoir sous les yeux un véritable feutrage de ces organismes, et il fallut choisir des lames extrêmement minces pour parvenir à discerner le tissu et à distinguer les vaisseaux, dont on pouvait suivre les sinuosités grâce surtout à une véritable injection de bactéridies. Arrêté à son entrée dans les poumons, le sang reste forcément enfermé dans le système veineux distendu, tandis que le système artériel, vidé en partie, se déprime et s'affaisse.

M. Toussaint put même assister à l'invasion des bactéridies dans les vaisseaux sanguins. Il fixa le lapin encore vivant, attira au dehors son épiploon qu'il soumit au microscope, et put suivre toutes les phases du

(1) Voir *Revue des quest. scient.* T. III, p. 334.

(2) Du mécanisme de la mort consécutive à l'inoculation du charbon chez le lapin. Note de M. H. Toussaint. *Compt. rend.* 3 décembre 1877.

phénomène. Les bactéridies arrivent peu à peu, s'arrêtent dans les anses les plus excentriques, sont emportées par le sang, s'accumulent de nouveau et finissent par s'établir à demeure dans les vaisseaux. De nouvelles bactéridies viennent se presser contre les premières, l'obstruction devient définitive, la circulation se ralentit et cesse bientôt, même dans les gros vaisseaux du mésentère.

Nul doute donc, l'asphyxie, dans le cas du charbon, n'est pas due à l'absorption de l'oxygène par les bactéridies ; elle a une cause toute mécanique, les obstacles apportés à la circulation par la multiplication prodigieuse de ces organismes.

Comment se forment les monstruosités. — *Corruptio optimi pessima* est un vieux proverbe dont la tératologie nous offre la plus frappante application. Entre tous les édifices matériels que nous montre la nature, le plus harmonieux est l'organisme animal et en particulier le corps humain ; mais que la structure de ce chef-d'œuvre vienne à s'altérer dans une de ses parties essentielles, nous n'avons plus devant les yeux qu'un objet repoussant, un monstre en un mot. Et ce que l'on dit de la vérité, qu'elle est une et que l'erreur est multiple, peut aussi se dire des formes animales : un animal n'a qu'une forme adaptée à ses besoins, source de sa véritable beauté : les difformités au contraire sont sans nombre. Le crâne, par exemple, a une destination naturelle bien claire, enfermer et protéger le cerveau. Altérez les rapports naturels entre ces deux organes, et vous aurez des *anencéphales*, privés de cerveau, des *exencéphales* avec le cerveau en dehors de la boîte crânienne, des *pseudencéphales*, chez qui le cerveau est remplacé par un tissu érectile. Le cœur, de son côté, peut être double, ou, affectant les positions les plus variées, il viendra se placer au-dessus du cou ou même au-dessus du dos. Les membres postérieurs peuvent faire défaut, ou se souder ; les talons peuvent être portés en avant, les orteils en arrière. Il y a des pieds bots de tous les genres.

Les monstres peuvent être *simples*, c'est-à-dire formés d'un seul individu, ou *doubles*, c'est-à-dire, composés de deux individus, soudés à toutes les hauteurs, possédant tous les organes essentiels en double, ou bien ayant certains organes doubles, d'autres simples.

Mais comment ces êtres monstrueux se sont-ils développés ? à quel temps de la vie embryonnaire faut-il rapporter leurs déviations ? Les organes ont-ils jamais eu leur forme, leur position naturelle, et si, à la naissance, des dispositions anormales sont constatées, proviennent-elles d'accidents arrivés pendant la gestation ? ou bien faut-il remonter plus haut, au moment même de la première évolution des organes, et même peut-être à une époque plus reculée encore, quand le *blastème*, où ils sont préparés, était une masse amorphe, sans aucun de ces contours particuliers qui différencient les instruments des diverses fonctions ? Nul doute qu'il y ait des anomalies consécutives à des accidents survenus à des fœtus assez avancés ; mais ce sont des anomalies d'un caractère variable, n'offrant rien de typique. Nous ne parlerons ici que des anomalies

pour ainsi dire normales, qui se reproduisent souvent avec les mêmes caractères. M. Dareste, dont nous analysons les travaux (1), semble avoir démontré qu'elles ont pour causes des perturbations qui datent des toutes premières périodes embryonnaires, de cette époque où les futurs tissus ne sont encore que des amas cellulaires caractérisés seulement par quelques sillons et quelques renflements. D'après lui, les monstruosités simples dérivent d'un *arrêt de développement*, les monstruosités doubles de *l'union des parties similaires*.

Évidemment ce ne sont point les embryons humains qui ont servi à étayer ses conclusions : les cas très rares où il serait donné d'examiner une monstruosité humaine à son origine ne suffiraient point à fonder une théorie. M. Dareste a recouru à l'incubation artificielle d'œufs de poules, qu'il a observés par milliers avant de se prononcer sur un sujet aussi délicat. Il n'est pas le premier qui ait abordé ces recherches, et les tentatives faites par ses prédécesseurs lui avaient appris le moyen d'obtenir artificiellement des monstruosités. Les procédés se réduisent à trois principaux : 1° la position verticale des œufs; 2° l'application partielle sur la coquille d'une substance imperméable à l'air; 3° l'emploi d'une température un peu supérieure à celle de l'incubation normale. Il ne faut pas croire pourtant que ces procédés soient infaillibles, et que l'on soit maître d'obtenir des monstres à volonté. Quoique soumis aux mêmes conditions d'expérimentation, tous les individus ne deviennent pas monstrueux, et ceux qui le deviennent ne le sont pas tous de la même manière. Suivant M. Dareste, chaque germe aurait une *individualité* propre capable de modifier et de neutraliser l'action portée sur lui. Il semble cependant bien difficile de démontrer ici cette espèce *d'idiosyncrasie*, l'œuf étant défendu par sa coque, et les conditions du milieu intérieur nous étant par là même inconnues.

Grâce à ses procédés, l'habile tératologiste a pu être témoin de monstruosités bien curieuses; mais nous ne nous arrêterons ici, avec le rapporteur du prix Lacaze, qu'à celles dont il a pu suivre les phases et indiquer les premières origines. De même que, chez l'adulte, on peut distinguer l'organisme proprement dit et le sang, ce milieu intérieur, suivant l'expression de Cl. Bernard, où vivent les éléments de l'organisme; ainsi chez l'embryon il y a une distinction à établir entre le tissu destiné à former plus tard les nerfs et les muscles, tissu qu'on pourrait appeler embryon proprement dit, et celui qui se transformera dans le sang et ses annexes, tissu que l'on nomme *l'aire vasculaire*. Cette distinction, comme His l'a montré, n'est point arbitraire; car le premier tissu provient de ces feuillets de cellules reconnus par tous les auteurs comme les premiers rudiments de l'embryon; tandis que le sang et ses annexes tirent leur origine des parties du vitellus voisines de ces feuillets; et ce n'est que dans le cours du développement que l'on voit ce tissu secondaire se

(1) Études sur la formation des monstruosités. — Recherches sur la production artificielle des monstruosités ou Essais de tératogénie expérimentale par Dareste. — Rapport de M. de Quatrefages. *Compt. rend.* 28 janvier 1878.

glisser à la manière d'un coin entre les feuillets de l'embryon proprement dit. Deux jours après la ponte, l'aire vasculaire, qui contient déjà un cœur assez distinct et quelques vaisseaux, a une forme circulaire. A ce moment le cœur se trouve immédiatement au-dessous de la tête du jeune poulet; car on ne doit point oublier que l'organe de la circulation n'occupe point, au commencement de la vie embryonnaire, la même position relative que plus tard; d'abord sous la tête, il recule dans la région du cou, puis plus tard seulement prend sa place définitive.

Nous venons de dire qu'au bout de deux jours l'aire vasculaire est circulaire; a-t-elle toujours eu cette forme? La question est capitale; car elle doit nous servir à résoudre ce problème d'une grande portée : Le cœur est-il primitivement un organe double dont les deux moitiés se sont réunies, ou un organe simple qui se divise plus tard par l'interposition de cloisons membraneuses?

Dès le 8 octobre 1866 (1), M. Dareste révélait une phase très remarquable du développement de l'aire vasculaire : vers la trentième ou la trente-sixième heure de l'incubation, cette aire ne forme point un cercle entier, mais un cercle tronqué en avant : la ligne droite, qui le termine antérieurement, enlève au cercle, supposé complet, le quart à peu près de sa surface. Fait curieux, tous les savants occupés d'embryologie étaient unanimes à attribuer à l'aire vasculaire une forme circulaire dès le début; et cependant quelques-uns de leurs dessins, mieux d'accord avec la nature, représentaient le bord rectiligne antérieur signalé par M. Dareste. Bientôt cependant la ligne droite fait place à une courbe convexe qui achève le cercle. Mais, sans l'observation directe, on n'aurait jamais soupçonné comment se fait ce changement. Naturellement on aurait cru ou bien que cette droite terminale se serait constamment éloignée du centre, devenant de plus en plus petite et s'évanouissant enfin, ou bien que la partie antérieure tronquée se serait renflée peu à peu de manière à achever le cercle. Il n'en est rien cependant : le procédé est tout autre. La droite terminale se rompt en son point milieu qui reste fixe, et les deux moitiés tournant autour de ce centre improvisé, comme les deux branches d'un compas, viennent enfin s'appliquer l'une contre l'autre en complétant le cercle. Or, avant que la droite terminale se rompe, immédiatement à côté du point milieu et de part et d'autre de ce point, se trouvent originairement deux organes que leurs battements rhythmiques font assez reconnaître pour les précurseurs du cœur futur. L'indépendance de ces deux organes est telle que le rhythme de leurs mouvements peut ne point coïncider, comme M. Dareste a eu l'occasion de l'observer. Dans le développement normal, les deux cœurs emportés chacun par un tronçon de la droite terminale font un quart de révolution sur eux-mêmes autour du point fixe, et viennent ainsi s'appliquer l'un contre l'autre. Mais, dans certains cas anormaux, les deux branches de la droite qui entraînent les deux organes peuvent ne pas achever leur révolution :

(1) Recherches sur la dualité primitive du cœur et sur la formation de l'aire vasculaire dans l'embryon de poule. *Compt. rend.* 8 octobre 1866.

les deux cœurs resteront séparés et l'on a ainsi l'explication des monstres à cœur double ; ou bien les deux portions de droite n'avanceront point avec leur rapidité ordinaire, tandis que les autres parties de l'organisme n'éprouvent point un retard proportionnel, et c'est là l'origine d'une monstruosité remarquable. Il arrive en effet quelquefois de voir la tête faire hernie dans l'abdomen, tandis que le cœur, simple ou double, se trouve implanté au-dessus de la colonne vertébrale à la manière d'une hotte, et, qui plus est, le monstre n'a qu'un seul œil, il est cyclope : ce désordre d'une rare complexité se ramène cependant à une cause bien simple. On sait que chez l'embryon, la tête, d'abord dans le plan du corps, s'incurve de plus en plus vers le bas ; rappelons-nous de plus que les deux branches de la ligne brisée, qui limite l'aire vasculaire, sont situées immédiatement au-dessous de la tête : si ces deux branches ne se referment pas assez tôt, la tête pénètrera par son mouvement de descente dans l'angle formé par elles, et celles-ci, au lieu de s'accoler au-dessous de la tête, se refermeront au-dessus : de là le transport du cœur dans la région dorsale. Cependant la tête s'étant portée, par ce mouvement, en arrière de la région thoracique, pénètrera nécessairement dans la région abdominale, où elle fera hernie. Il est assez clair enfin qu'après avoir passé ainsi par une espèce d'étau, elle aura été gênée dans son développement latéral : ses deux parois auront été comprimées, et les deux fossettes oculaires forcément rapprochées se seront fondues en une seule, déterminant ainsi la cyclopie.

Les troubles survenus dans l'aire vasculaire peuvent concourir d'une autre manière à la formation de monstruosités. A l'origine, le cœur n'est point encore mis en communication avec les différents organes par des vaisseaux chargés de distribuer partout le liquide nourricier ; il est isolé, et l'on peut voir, isolés également et disséminés dans toute l'aire vasculaire, de petits amas de globules rouges, enfermés dans des cavités et connus sous le nom d'*îles du sang*. Peu à peu ces amas se mettent en rapport les uns avec les autres, grâce à des canaux ou lacunes — on ne sait encore quel nom donner à ces voies de communication — qui se forment dans le tissu interstitiel : ces vaisseaux primitifs s'allongent de plus en plus et vont enfin s'aboucher avec le cœur. Les îles concourent à produire l'élément solide du sang, les globules ; mais c'est le cœur qui renferme la partie liquide, le plasma. A l'état normal, le plasma, qui serait bientôt en excès, se déverse dans les cavités des îles, grâce aux vaisseaux primitifs. Mais si, par arrêt de développement ou par toute autre cause, les îles restent séparées du cœur, le plasma cherchera un débouché dans les autres vésicules du corps, principalement dans les grandes vésicules de la tête, et infiltrera tout le tissu cellulaire, qui sera distendu au-delà des proportions normales. Gonflé à la suite de cette hydropisie, l'embryon viendra presser contre les membranes qui l'entourent, sera comprimé et subira tous les arrêts de développement, fruits de la compression, tels que l'atrophie ou la soudure des membres postérieurs, l'absence de cerveau et de moelle épinière, etc.

La compression dans ce cas a été provoquée par le gonflement du

fœtus : elle peut avoir une autre cause, le rétrécissement des membranes qui protègent celui-ci. La plus intérieure de ces membranes, celle qui touche de plus près l'embryon est l'*amnios* : elle est formée de quatre replis partant de dessous le corps, le premier à la partie antérieure, le second à l'extrémité postérieure, les deux autres aux deux côtés : chacun d'eux s'élève peu à peu et, contournant la région du corps où il a pris naissance, vient enfin se souder aux autres presque à l'opposite de l'ombilic : leur forme et leur position leur ont valu, au premier le nom de *capuchon céphalique*, au second celui de *capuchon caudal*, aux deux autres celui de *capuchons latéraux*. L'office de ces capuchons est assez clair : ce sont des poches renfermant un liquide qui entretient l'humidité de l'embryon, et en même temps le défend, à la manière d'un coussin élastique, contre les chocs trop violents ou les secousses trop brusques. Mais autant les capuchons sont utiles quand ils ont leur évolution normale, autant ils deviennent funestes quand ils subissent un arrêt de développement. Le capuchon céphalique est-il trop étroit, il y aura compression de la région correspondante, et, suivant les cas, la substance nerveuse ne se formera point et le crâne contiendra seulement une sorte de substance érectile, ou bien elle se développera en dehors du crâne et celui-ci sera envahi par le liquide de l'amnios. Un arrêt de développement du capuchon caudal empêchera la formation des membres postérieurs ou déterminera leur soudure : l'éventration enfin succèdera à l'atrophie des capuchons latéraux. Tant que les capuchons sont indépendants, ils ne provoquent que des monstruosités partielles, mais, une fois soudés, on comprend aisément qu'ils sont solidaires, et alors tout arrêt de développement de l'un d'entre eux retentit nécessairement dans toute l'économie. C'est là l'interprétation de ces désordres complexes qui atteignent à la fois les régions les plus éloignées, et que les anciens tératologistes expliquaient par la *corrélation des organes*, espèce de secrète sympathie existant entre des parties du corps qui n'avaient aucune relation de voisinage.

Il y aurait encore à relever dans les travaux de M. Dareste des détails très curieux sur les monstruosités doubles, mais nous nous arrêtons pour ne point allonger outre mesure notre compte rendu. Étudier l'origine des monstruosités a été jusqu'ici le fait de quelques rares spécialités; cependant les *Essais* du savant français montrent suffisamment que cette branche de l'embryologie présente un champ fécond d'explorations aussi utiles qu'intéressantes.

G. H.

LE PÈRE SECCHI.

Quand au mois de mars 1875, la Société scientifique commença à se constituer, elle mit en tête de ses statuts et comme frontispice à ses œuvres l'article suivant : « Il est constitué à Bruxelles une association qui prend le nom de Société scientifique de Bruxelles avec la devise : *Nulla unquam inter fidem et rationem vera dissensio esse potest.* » Au mois de novembre de la même année elle se constituait définitivement, et le secrétaire développa ainsi, dans son rapport, cette pensée fondamentale : « Elle ne proclame pas seulement qu'une vérité scientifique ne peut être en opposition réelle avec le dogme révélé, c'est-à-dire que l'enseignement donné par Dieu à notre raison ne peut contredire celui qu'il donne à notre foi ; elle affirme en outre que dans l'intelligence humaine, il n'y a pas la moindre incompatibilité entre l'esprit scientifique et l'esprit religieux. Vous savez que dans tous les siècles ces deux esprits ont toujours été harmonieusement unis, qu'il en est encore ainsi dans le nôtre, et que le contraire ne constitue qu'une exception. Mais cette exception est aujourd'hui peut-être plus tapageuse que jamais et vous croyez qu'il est bon de la confondre. »

Un homme vivait alors dont la science et le caractère faisaient comme la démonstration vivante d'une vérité si étourdiment contestée par des esprits désorientés, le P. Ange Secchi. A la fois savant et croyant, astronome et prêtre, défenseur ardent de toutes les vérités scientifiques et apôtre zélé de toutes les vérités religieuses, jamais durant sa longue et laborieuse carrière il n'avait ressenti la moindre atteinte de cet antagonisme inévitable, nécessaire, fatal, que l'on prétendait avoir découvert entre la science et la religion, et dont la Société scientifique niait l'existence.

Le P. Secchi fut nommé par acclamation *membre honoraire* de la Société.

Hélas! son nom ne devait point rester longtemps à la tête de cette liste distinguée, la mort frappa bientôt cette existence doublement précieuse.

Je me propose de rappeler les travaux du P. Secchi. Je serai sobre de détails sur l'homme, sur sa vie intime et religieuse, c'est le savant et l'œuvre du savant qu'il convient surtout de résumer ici.

Mais au moment d'aborder cette notice rapide d'une vie si occupée, je dois bien m'arrêter un instant à ce qui seul peut la faire comprendre, à la grande pensée qui en fait l'unité et qui remplissait l'âme du P. Secchi à l'heure de ses méditations religieuses. Elle renferme le secret de sa vie de prêtre; le secret de sa vie de savant. Un chrétien qui sait apprécier sa foi éprouve pour ce premier des trésors de l'âme une estime incomparable; il sait qu'elle est le flambeau de sa vie, qu'elle seule le peut conduire aux rivages bénis d'outre tombe où notre Dieu nous appelle à l'éternel amour. Mais une pareille conviction tend invinciblement à se communiquer; l'amour de Dieu fait naître dans l'âme du chrétien un immense amour de ses frères; et quand, dans cette grande famille que nous appelons l'humanité, il en voit, hélas! et par milliers, qui dépouillés de ces trésors, privés de cette lumière, marchent aveuglés loin de ces rivages, ce que son cœur ressent alors, ah! ce n'est pas l'indifférence, ce n'est

pas la haine, ce n'est pas le dédain. C'est la douleur, une douleur aimante et tendre comme celle d'une mère qui voit se mourir son enfant.

Ah! s'il pouvait sauver, éclairer, guider ces âmes!... Le germe de l'apostolat est tout entier dans cette pensée; c'est elle qui fait le prêtre : c'est elle qui fit du P. Secchi, à quinze ans, un jésuite.

D'où vient que ces pauvres âmes sont ainsi dépouillées, ferment ainsi les yeux, et, poussées par cet invincible besoin de l'homme qui aspire au bonheur, quittent cependant d'un pas assuré les seuls chemins qui peuvent y conduire?

Parmi les mille fascinations qui les arrachent à Jésus-Christ, il en est qui lui enlèvent les meilleurs esprits, les attirent, les désorientent et les lancent comme des boussoles affolées vers un pôle trompeur où ils échoueront misérablement à la dernière heure. C'est ce que l'on me permettra d'appeler les fascinations de la science.

Qui ne les a entendues ces malheureuses victimes, se souvenant encore des biens qu'elles ont perdus, s'écrier qu'il en devait être ainsi, qu'il fallait se dépouiller de ces bienheureuses croyances, qu'il fallait nier la révélation, le Christ, l'Église, que la science le commande, que la raison a condamné la foi, et qu'à moins de renier l'une il faut divorcer avec l'autre.

Le chrétien, dans sa foi, sait, par l'enseignement de l'Église, que cela est faux. Mais quand le chrétien est lui-même amoureux de la science, il l'interroge, il l'écoute, et de sa voix aussi il apprend que cela est faux. Le P. Secchi entendit ces deux voix; il aperçut, il comprit cette admirable harmonie de la science et de la foi, il vit comment, à l'heure où la raison se trouve impuissante à guider l'homme dans la recherche de la vérité, devant les frontières d'un pays qu'elle ignore ou qu'elle ne découvre que de loin, la foi se présente à lui et le conduit jusqu'au terme. Mais la claire vue de la vérité ne servit qu'à lui faire mieux comprendre le malheur de ceux qui la perdent : ce fut une des grandes

douleurs de sa vie, c'est la grande douleur du cœur d'un prêtre savant.

Sainte Thérèse, qui avait beaucoup aimé Dieu, songeant un jour à Satan, s'écriait : « Oh! le malheureux! il ne peut pas aimer! »

Le P. Secchi, au milieu des révélations que le monde des étoiles lui faisait sur ce même Dieu, songeant que peut-être ces astres lointains promenaient dans l'espace des milliers d'intelligences créées, songeant hélas! aux erreurs dont nos intelligences humaines portent si souvent la lèpre honteuse, s'écriait : « Nous voulons espérer qu'il n'y a point, parmi les habitants de ces astres, d'infortunés esprits qui mettent leur orgueil à nier l'existence et l'intelligence de Celui à qui ils doivent eux-mêmes et leur existence et la faculté de connaître tant de merveilles. »

Ce fut l'amour de sa foi qui lui donna l'amour de la science: c'est pour défendre la foi qu'il servit la science, et comme Leibnitz il eût pu dire : « Je fais grand cas de la science, car elle me donne le droit de réclamer le silence quand je parle de religion. »

Il se trouva ainsi, par la double direction donnée à sa vie, qu'elle fut tout entière un apostolat, et comme une démonstration de la foi par la science. A qui me demande de démontrer le mouvement, disait un philosophe, je réponds en marchant. A qui me demanderait si la foi et la science n'ont pas entre elles ces répugnances radicales de l'erreur et de la vérité, je répondrais à mon tour : voyez Ange Secchi, il les a toutes deux connues, toutes deux aimées, à toutes deux il est demeuré fidèle, et c'est entre leurs bras qu'il s'est endormi de son dernier sommeil. *Defunctus adhuc loquitur.*

Le P. Ange Secchi naquit le 28 juin 1818 à Reggio (Rhegium Lepidi) petite ville d'Italie, située à distance à peu près égale de Parme et de Modène, sur la voie ferrée qui traverse la Péninsule en côtoyant l'Adriatique. Ce fut la patrie de l'Arioste, de Spallanzani et du jurisconsulte Pan-

cirole. Son père, Jacques-Antoine Secchi, et sa mère, Louisa Belgieri, n'avaient d'autre illustration que leur honneur, ni d'autre fortune que leur travail. Toutefois l'éducation d'Ange, le dernier venu de la famille, fut soignée avec une prédilection singulière. Il fit ses études littéraires à Reggio même, au Collége des Jésuites, et, après les avoir terminées, âgé de 15 ans à peine, le 3 novembre 1833, il entra dans la Compagnie de Jésus.

En ce moment le jeune Ange Secchi, helléniste déjà distingué, semblait incliner par toutes les directions de son esprit et de ses goûts vers l'étude des belles lettres; mais il eût été téméraire de prévoir dès lors la voie dans laquelle son avenir se déploierait. On sait qu'en Italie, à cette époque du moins, l'étude des sciences physiques et mathématiques était réservée aux cours supérieurs; ce qu'on en voyait dans les colléges se bornait aux notions élémentaires que chez nous l'on a coutume d'acquérir pendant les études primaires; et l'on peut dire que Secchi, en sortant de Reggio, n'avait aucune idée des vastes horizons et des perspectives infinies qu'il devait découvrir plus tard.

Quoi qu'il en soit, notre jeune littérateur entrait de plain pied dans un champ tout nouveau pour lui, le champ de la vie religieuse; et pendant deux ans entiers, il allait renoncer même aux belles lettres, pour ne se livrer qu'à l'étude et au travail de la perfection chrétienne.

Nos esprits inaccoutumés aux précocités méridionales et, si religieux qu'ils soient, toujours infectés quelque peu de préjugés terrestres, ne voient pas, sans un certain serrement de cœur, un enfant de quinze ans—*nella freschissima età di quindici anni*—comme la langue italienne le dit avec tant de grâce, un enfant à qui le monde n'a pas encore souri, à qui sa propre nature n'a rien révélé de ses désirs, s'enfermer pour toujours dans le tombeau d'un cloître. Nous songeons à je ne sais quels regrets du cœur, à des retours de la volonté qui doivent, nous semble-t-il, se manifester ensuite, mais quand il est trop tard! Et nous nous écrions : « Oh! c'est

trop jeune, on ne sait ce que l'on fait à cet âge! » — L'expérience de tous les jours devrait nous montrer pourtant qu'on ne le sait guère mieux à vingt ans, à trente, à quarante, et que souvent on passe sa vie sans l'apprendre. Elle devrait nous montrer surtout que les regrets et les retours ne naissent pas exclusivement dans la vie religieuse, qu'aucune carrière n'en est exempte, et que celle-là même où ils naissent le plus souvent est précisément celle où l'on s'engage sans appréhension, d'un cœur léger, et où l'on se trouve enchaîné par le lien le plus indissoluble. Il n'y eut, du reste, dans toute la vie du P. Secchi, ni regret, ni retour, ni défaillance. Fidèlement et étroitement attaché à la bannière sous laquelle il avait voulu vivre, il eut toujours pour préoccupation première les devoirs que la vie religieuse lui imposait, il fut religieux avant tout, et nous le verrons aux approches de la mort dire adieu même à l'astronomie, pour songer uniquement, pendant les dernières heures de son existence, au grand maître auquel il avait, depuis l'âge de quinze ans, consacré toutes ses facultés en lui sacrifiant les joies passagères de ce monde, à peine connues, mais déjà méprisées.

Après un noviciat de deux ans, Ange Secchi suivit, au Collége Romain, les cours supérieurs de littérature italienne, latine et grecque. Il aborda ensuite la philosophie : la philosophie complète, comme on l'entendait à Rome, et comme on l'entend encore en Angleterre ; c'est-à-dire, non seulement l'étude des idées, mais l'étude des choses, en y comprenant la *philosophie naturelle*, ce que nous appelons, nous, les sciences.

Et soudain son esprit invinciblement attiré prend une orientation nouvelle, il abandonne la littérature et se porte avec une énergie, une vivacité, une fougue toute italienne vers les études précises qui furent pour lui comme une révélation de ses vraies aptitudes. Ses succès furent tels que, malgré son jeune âge et, tout étudiant qu'il fût lui-même, on lui confia les fonctions de répétiteur de physique et de mathématiques au Collége des Nobles.

En 1839, suivant une coutume de la Compagnie qui veut que tous ses membres passent par l'enseignement de la grammaire, Secchi fut chargé d'une de ces classes au Collége Romain.

Il n'y demeura qu'un an, et, en 1840, il fut nommé professeur de physique au Collége de Lorette.

Quatre ans après il retournait à Rome pour y commencer ses études de théologie; le cours de théologie embrasse quatre années; mais dès la troisième le P. Secchi le vit brusquement interrompu par des événements politiques présents encore à la mémoire de tous.

En février 1847, une bande d'agitateurs affichait à la porte principale du Gesù, sous les yeux d'un poste de gardes nationaux impassibles, un écriteau portant en grands caractères ce simple mot : *Locanda* (1), et le 28 mars la prophétie révolutionnaire se réalisait : les jésuites quittaient Rome et cherchaient à l'étranger un abri que la « liberté » romaine leur refusait.

Ange Secchi fit voile vers l'Angleterre, et ce fut au Collége de Stonyhurst qu'il acheva le cours de ses études théologiques.

Le séjour de Stonyhurst fut providentiel pour lui. Déjà voué aux études scientifiques, son esprit allait préciser davantage sa direction privilégiée. Stonyhurst est un hameau du Lancashire qui doit son importance au collége que la Compagnie de Jésus y a fondé depuis longues années. Son horizon libre et totalement dégagé avait inspiré l'idée d'y ériger un observatoire. Créé en 1838 et destiné d'abord uniquement à l'instruction des Pères, cet observatoire possédait déjà une lunette équatoriale, un cercle méridien, une lunette méridienne et deux pendules sidérales. Quand le

(1) On me permettra de rappeler ici un trait peu connu de la vie de Mgr de Mérode. Témoin de cette scène, il ne put contenir son indignation et, perçant la foule qui ricanait, il alla droit à l'écriteau, l'arracha, le déchira, le foula aux pieds, puis, se retournant vers les héros : « Vous êtes des lâches, leur dit-il, ce que vous venez de faire là est une lâcheté ! » Personne ne bougea ni ne répliqua. Et pourtant il était seul.

P. Secchi y séjourna, le P. Alfred Weld y observait régulièrement les taches solaires (1).

Ce fut là qu'il découvrit sa vraie vocation d'astronome, ce fut là aussi qu'elle se manifesta clairement à ses supérieurs. Aussi, à peine le cours de ses études théologiques fut-il terminé, qu'après avoir reçu, à Stonyhurst même, l'onction sacerdotale, il fut envoyé aux États-Unis, au Collége de Georgetown près de Washington, pour y travailler avec le P. Curley, directeur de l'observatoire.

L'observatoire de Georgetown, écrasé aujourd'hui par son puissant voisin, l'observatoire de Washington, avait été fondé en 1843 par les PP. Jenkins et Stonestreet. Il avait été successivement monté d'instruments très coûteux : un instrument des passages d'Ertel de Munich, un cercle méridien de Simms, une pendule sidérale de Molyneux et enfin un équatorial de Simms. Le P. Curley, qui avait présidé à la construction de l'observatoire et à l'installation des appareils, venait de recevoir déjà le concours du P. Sestini, attaché à l'Observatoire du Collége Romain et chassé de Rome en même temps que le P. Secchi. Il attendait encore le P. de Vico, le célèbre chasseur de comètes, que la même révolution exilait aussi, mais qui devait mourir à Londres, à 43 ans à peine, le 25 novembre 1848.

Nous ne saurions dire si le P. Secchi a collaboré avec les PP. Curley et Sestini au très remarquable mémoire qui couronna leurs observations des taches solaires. Le seul travail qu'il publia à Georgetown fut un mémoire sur la rhéométrie.

En 1849, la paix étant rétablie à Rome, les jésuites purent rentrer au Collége romain ; le P. Secchi fut rappelé de Geor-

(1) Depuis lors l'Observatoire de Stonyhurst a acquis une très grande importance. En 1867 il fut choisi, avec Kew et Glasgow, par le *Board of Trade* comme station météorologique de premier ordre en Angleterre. Il est actuellement du très petit nombre de ceux où le service magnétique est complet, et c'est à son directeur actuel, le R. P. Perry, que l'on doit ce que je nommerais volontiers la Géodésie magnétique (*Magnetic Survey*) des côtes occidentales de la France et de la Belgique tout entière.

getown, pour recueillir la succession du P. de Vico : la chaire d'astronomie à l'Université grégorienne et la direction de l'Observatoire.

De Maistre avait pris pour devise : « Inimicis juvantibus » et ces deux mots sont comme une peinture de son caractère; mais nulle part je ne les vois s'appliquer mieux qu'à la période de la vie du P. Secchi que nous venons de retracer si rapidement.

Je me demande ce que fût devenu le professeur de physique de Lorette, sans l'exil.

L'exil fut pour lui comme un de ces guides dont nous hésitons à suivre les pas, tant le chemin qu'ils nous indiquent nous paraît s'écarter du but, et qui pourtant nous mènent par la voie droite et sûre. Il fit un astronome illustre d'un jeune professeur qui, dans des circonstances ordinaires, serait mort peut-être sans laisser un nom.

Ainsi la Providence nous conduit à nos destinées à travers l'une et l'autre fortune. Nous nous plaignons d'elle parfois, parce que nos yeux sont faibles et notre horizon borné ; mais, arrivés au terme, nous découvrons la simplicité et la rectitude de ses voies.

Avant de raconter ce que devint l'Observatoire du Collége Romain sous la direction du P. Secchi, il faut dire ce qu'il était en 1849. Nous le dirons très brièvement (1).

On pourrait faire remonter la fondation de cet Observatoire jusqu'au milieu du XVIe siècle. C'est là en effet que Clavius observait en 1572 l'étoile nouvelle de Cassiopée ; là que Scheiner recueillait les premières observations des taches

(1) L'histoire de l'Observatoire du Collége Romain a été écrite par M. Ph. Gilbert, professeur à l'Université de Louvain, d'après les renseignements fournis par le P. Secchi lui-même dans les *Memorie* de 1856. *Revue cath.*, 1860. — MM. André et Angot l'ont écrite à leur tour dans l'*Astronomie pratique et les Observatoires*. 5e partie, Italie. — Nous empruntons à ces deux travaux une bonne partie des détails qui vont suivre.

solaires dont il enrichit sa *Rosa Ursina*, là que le P. de Gottignies observait les taches de Jupiter et les comètes de 1664, 1665, 1668, là enfin que se succédaient ou se rencontraient Borgondi, Asclepi, Maire, Boscovich, J. Calandrelli... Dans une des salles affectées depuis au musée Kircher on peut voir encore une méridienne tracée par Boscovich, en 1751, époque à laquelle il mesura entra Rome et Rimini sur la voie Appienne un arc de près de deux degrés.

Toutefois, on ne saurait considérer comme observatoire les locaux tout à fait insuffisants qu'offrait aux astronomes l'ancien hôtel du marquis de Tolfa.

Boscovich conçut le projet d'établir l'Observatoire au-dessus du dôme de l'église Saint-Ignace, mais les vicissitudes des temps, la suppression de la Compagnie et la dispersion de ses membres s'opposèrent à cette conception hardie.

En 1773, J. Calandrelli, chargé de la chaire d'astronomie, se proposa de la réaliser ; mais son ardeur et sa constance échouèrent : le projet de Boscovich demeura écarté et tout ce qu'obtint le zèle de Calandrelli fut la construction d'une tour carrée, à l'angle oriental de la façade du Collége ; ce fut là l'Observatoire du Collége Romain, jusqu'en 1849.

J. Calandrelli y installa quelques instruments dus à la générosité privée du cardinal Zelada et le secteur zénithal dont Boscovich s'était servi dans ses opérations géodésiques. En 1804, Pie VII l'enrichissait d'une lunette méridienne de $1^{m}17$ de distance focale, construite à Munich par Reichenbach, sous la direction de Delambre.

L'abbé Calandrelli garda la direction de l'Observatoire jusqu'en 1824. Ce fut en cette année que Léon XII rendit aux jésuites le Collége Romain. Calandrelli se retira au couvent de Saint-Apollinaire, emportant avec lui les appareils de Zelada et ceux qui étaient sa propriété particulière. Après son départ, il restait à l'Observatoire l'instrument des passages de Reichenbach, deux pendules sidérales, un équatorial de Dollond et le cercle géodésique de Bellet.

Le P. Dumouchel, nommé à la direction, reçut toute une série d'instruments nouveaux, mais d'importance secondaire. En 1825, le P. Fortis, général de la Compagnie de Jésus, lui fit don d'une lunette équatoriale de Cauchoix que l'on monta au sommet de la tour carrée.

En 1838, le P. de Vico, qui avait assisté le P. Dumouchel dans ses travaux, lui succéda dans la direction générale. Les PP. Sestini et Victor della Rovere lui furent adjoints comme aides. A partir de ce moment, l'Observatoire prit un essor nouveau, et ses publications lui conquirent un rang distingué parmi les établissements de même genre que comptait alors l'Europe.

Nous avons dit comment, en 1848, les événements politiques interrompirent de rechef ses travaux.

Toutes les recherches accomplies jusqu'alors avaient mis au jour l'insuffisance et la mauvaise disposition des locaux que l'on y avait affectés. La tour carrée était trop étroite pour abriter sans encombrement les instruments les plus usuels, il y avait urgence à les transporter ailleurs ; le cercle méridien de Reichenbach, placé déjà en dehors de l'Observatoire, reposait sur des assises dont les trépidations le rendaient à peu près inutile ; enfin le dôme tournant qui abritait la lunette de Cauchoix devait être totalement modifié. Dans ces circonstances, divers projets furent discutés, et l'on en revint au plan de Boscovich. Le P. Secchi l'adopta avec élan : des études furent entreprises, des plans dressés et un devis approximatif présenté au P. Roothaan, alors général de la Compagnie.

La générosité des PP. Paul Rosa, Pierling et Beckx, jointe au budget que la Compagnie consacra à cette œuvre, un don de 1000 écus fait par Pie IX, et un grand espoir dans la Providence permirent d'aborder sur le champ les travaux.

Le P. Secchi en fut l'âme.

Tout en surveillant les constructions qui s'élevèrent rapidement sur les colonnes du dôme de Saint-Ignace, il pressait

l'achèvement du cercle méridien d'Ertel, commandé en 1841 par le P. Roothaan; il commandait lui-même à Munich un équatorial de Merz de 9 pouces, et rassemblait un à un avec une activité admirable toute la série des appareils magnétiques et météorologiques qu'il voulait mettre en œuvre au nouvel Observatoire. Avant le plein achèvement de ces travaux, le 2 février 1852, le P. Secchi émettait solennellement les vœux de pauvreté, de chasteté et d'obéissance perpétuelles.

Qu'on me permette de m'arrêter un instant ici. L'image du P. Secchi serait bien incomplète, bien inachevée, elle serait incorrecte et fausse, si, préoccupé de suivre l'astronome, nous laissions en arrière le religieux. Je me souviens de l'émotion que j'éprouvai quand je lus autrefois dans « le cœur d'un savant (1) » la vie intime d'Ampère si bien et si fidèlement dépeinte par un savant bien fait lui-même pour la comprendre. Qui donc prétendra connaître Ampère s'il n'a connu son cœur, ses tendresses, son amour, ses craintes, ses douleurs. Se figure-t-on bien un homme, de chair et de sang comme nous tous, passant sa vie à compulser des chiffres, à manœuvrer des appareils, à suivre des étoiles, à nourrir son intelligence de toute cette nourriture abstraite et froide, sans qu'un jour, à une heure donnée, ce savant, ne se sente homme à son tour, ne découvre en lui-même d'autres désirs que ceux de l'esprit, les désirs du cœur, sans qu'il ne lui arrive à lui aussi d'éprouver ces sentiments généreux et tendres, doux et suaves qui font à la fois l'honneur et le bonheur de l'homme. Non! cet homme là n'existe point, il n'a jamais existé. Il existerait, que sa vie serait misérable, sombre et glacée, comme les derniers jours d'un avare enfermé seul avec ses trésors. Il y avait donc pour le P. Secchi une autre vie que la vie de l'astronome, et, bien que nous ne puissions pas la décrire ici dans ses détails, il

(1) Ph. Gilbert, *Le cœur d'un savant. Revue cath.* de Louvain, 1869.

faut pourtant que nous en découvrions, comme à travers une éclaircie, les chaudes et brillantes perspectives. Cette vie, je pourrais la nommer d'un mot : la vie de communauté; mais ce mot n'est compris que des initiés; elle se passe entre Dieu, nous et nos frères : c'est d'elle qu'il est écrit dans nos Saints Livres « qu'il est bon, qu'il est doux à des frères de vivre ensemble sous l'œil de Dieu. » La vie de famille a des joies plus brûlantes, des consolations plus sensibles, mais je ne pense pas qu'elle ait des affections plus profondes, une paix plus constante, des secours plus puissants! C'est le caractère propre de cette vie — un illustre auteur, Montalembert l'a écrit un jour, et j'emprunte ici ses paroles (1) — de « transfigurer la nature humaine en donnant à l'âme ce qui lui manquerait presque toujours dans la vie ordinaire.

» Elle inspire à la jeune vierge je ne sais quoi de viril qui la dérobe à toutes les faiblesses de la nature, qui en fait, au jour voulu, une héroïne, mais une héroïne tendre et douce surgissant des abîmes de l'humilité, de l'obéissance et de l'amour, pour monter au niveau des plus généreux essors et atteindre tout ce qu'il y a de lumineux et de puissant dans le courage humain.

» Elle verse dans le cœur du moine, du religieux, du vrai prêtre, des trésors d'une compassion intelligente, d'une tendresse sans bornes, d'une douceur sans mollesse, d'une patience sans relâche, tels que le cœur d'une femme semble seul capable d'en contenir.

» Quelquefois à l'une comme à l'autre, à la fiancée de Dieu comme à son ministre, à l'héroïne de la charité comme au maître de la doctrine, elle ajoute, par un don surnaturel, le charme incomparable de l'enfant avec sa candeur naïve et caressante, et alors le regard attendri contemple sur un visage vivant cette simplicité dans la beauté et cette sérénité dans la force qui sont la plus belle parure de la vertu et du

(1) *Les moines d'Occident.* 4e vol. *Les religieuses anglo-saxonnes.* Ad finem.

génie. De sorte que parfois tout ce qu'il y a de grand et de pur dans ces trois types si divers de la nature humaine, l'homme, la femme et l'enfant se trouvent ainsi combinés en un seul être qui accomplit tout ce que l'âme peut faire de plus grand ici bas pour se relever de sa chute et se rendre digne de Dieu qui l'a créée et sauvée. »

Telle fut la vie dont vécut le P. Ange Secchi, tel le monde qu'il aima et au sein duquel il goûta ses joies les plus sereines. Il en atteignit le sommet ce jour où, consommant un sacrifice qui devait assurer son bonheur, il s'y enchaîna à jamais par le triple lien de la pauvreté, de la chasteté et de l'obéissance. Je l'affirme et je le sais — jamais ni à l'heure de ses plus grands succès, ni à l'heure de ses plus brillantes découvertes, ni à l'heure de ses plus glorieux triomphes, jamais il n'éprouva l'indescriptible enivrement de l'âme qu'il goûta à cette heure bénie de sa vie religieuse.

En octobre 1853, les constructions terminées, et les instruments installés, Pie IX inaugurait solennellement le nouvel Observatoire. Nous le décrirons rapidement.

L'église Saint-Ignace devait, d'après les plans primitifs, recevoir pour couronnement une coupole de 17 mètres de diamètre et de 80 mètres de hauteur. La mort du cardinal Ludovici, son fondateur, empêcha d'en poursuivre la construction, et les piliers massifs qui devaient supporter la coupole demeurèrent sans usage. C'étaient quatre prismes gigantesques, de 48 mètres carrés de section à la base et qui se dilataient encore au sommet pour former la corniche circulaire de la coupole. Leurs dimensions, leur solidité, leur disposition même qui les reliait aux murs extérieurs de l'église les mettaient à l'abri de tout ébranlement notable et leur donnait la stabilité nécessaire aux assises des grands instruments astronomiques.

Il est donc aisé de comprendre comment l'idée vint d'y établir les salles de l'Observatoire.

Le P. Secchi fit construire sur l'une de ces puissantes

colonnes la salle destinée au cercle méridien d'Ertel; sur une autre, la salle destinée à l'équatorial de Merz. La troisième fut réservée à la lunette de Cauchoix, et la quatrième à l'ensemble des appareils magnétiques. Un corridor régnant autour de la base de la coupole projetée relie entre eux ces différents locaux et l'on y arrive par un escalier droit, prenant son origine dans une des salles attenantes au vestibule du Collége.

Pourrait-on bien écrire la vie de Roland et ne pas s'arrêter à dépeindre la Durandal ?

> Durandal !.. C'est bien toi, c'est ta lame sacrée;
> Je reconnais l'acier, et dans ta garde d'or
> Les reliques... Voyez elles y sont encor.
> Oh ! laisse-moi presser mes lèvres sur ta lame,
> Epée illustre et sainte où Roland mit son âme.

On me permettra donc de décrire ici ces appareils devenus célèbres, qui ont été les inséparables compagnons de la vie du P. Secchi, les instruments de ses découvertes, sa pacifique Durandal à lui ; en eux aussi il avait mis son âme.

Le cercle méridien d'Ertel commandé en février 1851 par le P. Roothaan, alors général de la Compagnie, arriva à Rome en septembre 1852. Il fut d'abord placé, comme nous l'avons dit, dans la salle méridienne occupée jusqu'alors par le cercle de Reichenbach. Nous avons dit aussi combien cette installation était défectueuse. Il avait toutefois servi au P. de Vico pour explorer toutes les zones comprises entre le zénith et 52 degrés de distance zénithale sud.

Au nouvel Observatoire son installation fut parfaite. Ses piliers de granite s'enracinaient dans les puissantes bâtisses de l'église et occupaient le centre d'une salle en ellipse de 7^m sur 4^m80; quatre grandes fenêtres et une trappe d'à peu près un mètre de largeur ouvraient le ciel à la lunette. L'objectif de celle-ci avait trois pouces et demi d'ouverture et son foyer s'étendait à 1^m55. — Des cercles gradués de 70^c de diamètre, divisés sur argent, et armés de 4 microscopes

micrométriques à fils mobiles, servaient à déterminer l'inclinaison de l'axe optique de la lunette. Un collimateur de 92 centimètres de foyer et une mire placée à 500 mètres en déterminaient la position azimutale.

Deux pendules, l'une sidérale de Dent, compensée au mercure, l'autre, marquant le temps moyen, garnissaient cette première salle : l'une destinée aux observations astronomiques, l'autre à donner le signal du midi au canon du fort Saint-Ange.

La salle équatoriale est ronde et couverte d'une coupole en bois tournant sur des boulets; elle ouvre sur le ciel par une fente de $1^{m}20$ fermée, en dehors des observations, par une trappe que commande une chaîne à la Vaucanson.

Les murs de la salle, appuyés sur un système ingénieux de voûtes, se rattachent encore aux murs de l'église. Le pilier de l'équatorial au contraire s'encastre au sein même de la colonne et fournit ainsi une assise indépendante de tout le reste de la construction.

L'équatorial lui-même est à peu de chose près la reproduction de celui de Pulkowa décrit dans ses moindres détails par W. Struve.

L'objectif a 9 pouces français ($0^{m}244$) d'ouverture et $4^{m}328$ de distance focale. Le tube est en bois et garanti contre toute flexion par des leviers de bronze appuyés sur la monture de l'appareil. Les cercles de déclinaison et d'ascension droite ont tous deux 40 centimètres de diamètre; l'un donne aisément la seconde de temps, l'autre les 4 secondes d'arc.

Les qualités optiques de cet appareil le mettaient au premier rang des instruments semblables. Le P. Secchi en était fier, mais il n'admirait pas moins l'ingéniosité et la perfection du travail mécanique qui le distinguaient. Il décrit avec affection, dans un de ses mémoires, l'heureux effet de contraste des bronzes et de l'acier, des teintes variées que le constructeur avait données à chacun d'eux et dont le rapprochement et le mélange faisaient de cet appareil scientifique une œuvre d'art. Au reste, la religion de M. Merz

avait stimulé son amour propre, et, en construisant cet équatorial pour l'Observatoire romain, il avait voulu en faire comme un hommage de sa vénération et de son respect pour le chef de l'Église.

Ainsi monté, l'Observatoire pouvait aborder le champ des recherches. Mais dans quelle direction fallait-il s'y engager?

Cette question capitale devait nécessairement se présenter dès l'abord à l'esprit fort méthodique du P. Secchi; et les circonstances qui l'entouraient devaient en indiquer la solution la plus naturelle.

« Les travaux fondamentaux de l'astronomie : catalogues, observations régulières des corps célestes, etc., ne deviennent utiles qu'à la condition d'être longtemps poursuivis par la même méthode, et toutes les observations doivent être rigoureusement réduites et publiées. Pour cela il faut un personnel nombreux et tout entier consacré à son œuvre (1). » Or, le personnel de l'Observatoire romain ne dépassa guère trois personnes : le P. Secchi, un autre père, qui fut dans ces derniers temps le P. Ferrari, et le F. Marchetti. Et ce personnel si restreint se voyait encore détourné de ses fontions principales : les deux Pères étaient en effet chargés de cours à l'Université grégorienne. Il fallait donc abandonner ce genre de recherches aux Observatoires nationaux, que des budgets considérables mettaient à même de tenir sur pied un personnel nombreux, armé d'un matériel et d'un outillage suffisant.

Restait l'astronomie physique dans laquelle les recherches du P. de Vico avaient déjà tracé un sillon glorieux. « Par astronomie physique, disait le P. Secchi, nous entendons non-seulement l'étude de l'apparence des corps de notre système solaire et des nouveautés célestes qui, comme les comètes, se montrent de temps à autre, mais encore celle des étoiles doubles, groupes stellaires, nébuleuses, etc. (2). »

(1) *Memorie*, etc. 1856.
(2) *Memorie*, etc. 1856.

Ce fut donc là la direction dans laquelle le P. Secchi résolut d'entrer, ce fut la province astronomique dont il entreprit l'exploration détaillée.

Veut-on savoir le sentiment qui l'anime au premier pas de ce long voyage, et avec le dessein de son esprit connaître l'émotion de son cœur. La voici décrite telle qu'il l'éprouve.

« *Religioni et bonis artibus*, tel est le mot que le fondateur du Collége Romain a voulu inscrire sur sa façade, pour prouver par les faits que la vraie foi n'est point hostile à la science, mais que l'une et l'autre sont deux rayons d'un même soleil, qui doivent illuminer nos faibles intelligences sur la voie de la vérité. Sans ce but élevé de telles études ne sont plus qu'un jeu de vaine curiosité; souvent elles n'engendrent que des soucis ou des labeurs mal récompensés. Se dire combien il est magnifique de révéler les œuvres du Créateur est un stimulant dont l'action persiste encore lorsque toute autre excitation fait défaut, il emporte l'intelligence humaine au-dessus de l'aridité des chiffres, et fait de telles fatigues une œuvre sublime, divine. — Celui qui, pénétré de ces idées, contemple le ciel, ne sent pas son âme oppressée d'une froide admiration, en considérant un abîme d'espace semé de corps, dont la plupart sont encore inaccessibles aux plus puissants moyens que la Providence ait mis à la disposition de l'homme, et qui par leur immense distance et leur prodigieuse quantité ne lui apparaissent plus que comme de vagues amas d'une lumière confuse; au contraire, son cœur s'inonde d'un doux sentiment de joie, en pensant à ces mondes sans nombre, dans lesquels toute étoile est un soleil bienfaisant qui, ministre de la divine bonté, répand la vie et la grâce sur d'autres êtres innombrables, comblés des bénédictions de la main du Tout-Puissant; en songeant à cet ordre privilégié de créatures intelligentes dont il fait partie, et qui, des profondeurs du ciel, chantent un hymne de louanges à leur Créateur (1). »

(1) *Memorie*. etc. 1856.

Aussi dans ces études si naturellement arides apporte-t-il une exubérance de sève, une fraîcheur de style, je ne sais quel enthousiasme qui apparaît, non seulement dans ses ouvrages de vulgarisation, mais encore dans ses descriptions scientifiques.

Voici comment il raconte la résolution de la nébuleuse planétaire de l'Hydre :

« C'est, dit-il, l'objet le plus intéressant que j'aie vu jusqu'ici ; elle fut déjà découverte par W. Herschell en 1785, et décrite comme un beau globe de lumière uniforme. Avec le grossissement de 135 fois, elle scintille légèrement à la partie centrale, qui est d'un bel azur, formant un contraste admirable avec la couleur rouge des fils micrométriques. Avec le grossissement de 300 fois, elle est distincte en un anneau brillant obscur au centre, de forme semblable à celle d'une oreille humaine, et très scintillante. Au grossissement de 1000, elle se résout enfin en un anneau magnifique d'étoiles complétement distinctes, aussi net et aussi précis que ce que j'ai pu voir dans d'autres nébuleuses. Elle a la figure représentée dans mon dessin : le vide intérieur a une forme presque circulaire, avec une belle petite étoile au centre ; la partie supérieure et la partie inférieure forment deux groupes parfaits et complétement distincts, renfermant chacun un grand nombre d'étoiles bien précises... Tout l'anneau stellaire est entouré d'une nébulosité presque parfaitement circulaire. Sa lumière va décroissant vers le bord extérieur ; une nébulosité semblable existe dans le vide central. — Cet objet est singulier et le seul de cette espèce que j'aie vu jusqu'ici dans le ciel ; les dessins faits antérieurement ne font pas ressortir toutes les beautés de cette nébuleuse, ce qui n'a rien de surprenant, car elle exige un air très tranquille, sans quoi on ne peut espérer la voir et ce même soir, une demi heure après le passage au méridien, elle n'était dejà plus aussi distincte. »

On sent de la chaleur dans cette description et une manière d'écrire qui révèle autre chose que la froide constatation d'un fait, sans aucun retour vers l'auteur de toutes choses.

Il nous serait impossible et fastidieux au lecteur de suivre pas à pas le P. Secchi dans la série très nombreuse de ses travaux : la notice bibliographique qui suit cette rapide biographie ne les comprend pas tous : nous nous bornerons donc à signaler les plus importants, ceux qui ont pour ainsi dire fait époque dans sa vie.

Les premières recherches du P. Secchi datent de 1850 et sont antérieures au complet établissement de l'Observatoire : elles eurent pour objet la planète Saturne et le merveilleux anneau dont elle est entourée comme d'une couronne. On savait déjà qu'une bande concentrique noire, longeant à distance sa circonférence extérieure, le divisait en deux anneaux distincts. Le P. Secchi constata qu'une bande analogue, mais plus pâle, longeait encore la circonférence intérieure ; en réalité donc l'anneau est au moins triple. En effectuant des mesures régulières de son diamètre apparent, il arriva à conclure que cet anneau, que l'on croyait circulaire, est en fait elliptique et excentrique. Ce qui expliquait les mesures assez discordantes qu'en avaient données des observateurs tels que Bessel, Encke, Galle, Lassell et Struve. La durée de sa révolution est de 14 h. 12 m., c'est-à-dire la durée précise que la théorie donnerait à la révolution d'une planète située à même distance de Saturne que la distance moyenne de l'anneau. Mars, Vénus, Uranus et Neptune furent l'objet de recherches analogues.

La disposition des taches polaires de Mars amena le P. Secchi à l'étudier davantage. « Cette planète, dit-il, est entourée d'une atmosphère si mince qu'elle permet d'y distinguer les continents. Près des pôles on voit des taches blanches qui vont en croissant et en décroissant, suivant les saisons de Mars lui-même ; ce qui prouve que ce sont des amas de neige ou de nuages. Dans la saison d'hiver de chaque hémisphère de la planète ces taches prennent un grand développement ; mais en été elles se réduisent à une calotte peu étendue environnée de taches brunes. Les taches

plus éloignées des pôles nous offrent une double couleur, rouge et bleu, parsemée quelquefois de jaune ou plutôt de blanc. Les taches bleues en présentant des teintes plus sombres correspondent aux mers, le rouge aux continents, le jaune aux nuages ; ce jaune n'étant que le résultat du contraste dû à la juxtaposition du blanc et des autres couleurs. Une partie du rouge est également due à des effets de contraste ; mais cette couleur doit aussi tenir aux matériaux qui composent la surface de la planète. Dans ces vastes étendues on voit quelquefois apparaître des taches blanchâtres, ce sont des nuages, Quelquefois on aperçoit des tourbillons contournés en spirale, ce sont des bourrasques (1). »

Dans Vénus le P. Secchi put observer sensiblement jusqu'aux lueurs crépusculaires. « Nous avons même pu constater que la partie éclairée par le crépuscule correspond à un arc de 18 degrés ; voici dans quelles circonstances nous avons pu faire cette remarque : La planète se trouvait en conjonction inférieure, et par suite son croissant était réduit à un filet très mince. Malgré la finesse des pointes, nous avons pu reconnaître que ce croissant embrassait plus d'une demi circonférence et que, de part et d'autre, il dépassait de 18 degrés l'étendue qu'il aurait dû présenter sans le phénomène du crépuscule. Quelquefois même on a cru voir le disque éclairé dans toute son étendue, et l'on a aperçu d'autres lueurs qui pourraient bien être produites par des aurores boréales (2). »

Les recherches du P. Secchi sur Jupiter conduisirent à des résultats tout à fait nouveaux sur la figure et la rotation du troisième satellite de cette planète. On sait que Jupiter est entouré d'un magnifique cortége de quatre satellites, dont le plus gros présente des dimensions comparables à celles de Mars et dont le plus petit dépasse de beaucoup les dimensions de la lune.

La lune attira également l'attention du P. Secchi ; il en

(1) Secchi, *Le Soleil*, 2e vol. Les planètes.
(2) Id. Ibid.

fit un nombre incalculable de dessins, pour arriver à en représenter avec rigueur l'aspect et la conformation. Il faut remarquer parmi ceux-ci le dessin du cratère de Copernic, le plus important de tous. Son exécution parfaite fut hautement appréciée de tous les sélénographes, notamment en Angleterre.

Le P. Secchi appliqua le premier la photographie à ce point de ses recherches, mais ce fut particulièrement en vue d'étudier les conditions de la photographie des corps célestes et comme objet d'épreuve.

M. Mailly a décrit le procédé que suivait alors le P. Secchi. L'instrument mis en œuvre était le grand équatorial de Merz, transformé en chambre obscure.

« Si la lune n'avait eu qu'un mouvement en ascension droite, l'appareil d'horlogerie adopté à l'équatorial aurait suffi ; mais la déclinaison de cet astre varie aussi très rapidement et il s'agissait de parer à cette difficulté. Voici ce qu'a imaginé le P. Secchi : il adapte au chercheur, qui est une excellente lunette de deux pouces d'ouverture, un puissant oculaire muni d'un micromètre à fils d'araignée, mobile au moyen de vis micrométriques, de sorte que la lunette a un grossissement de 100 fois, l'image restant très précise. Cela fait, il porte la croisée des fils sur un petit cratère ou sur un point lumineux très distinct de la lune, et mettant l'équatorial en mouvement, il règle ce mouvement de manière que la croisée susdite ne sorte jamais du point fixe. Quand ces préparatifs sont terminés, il fait couvrir l'objectif d'un grand carton et substitue, à la plaque de verre dépoli, une plaque de verre sensibilisée à la manière ordinaire. Puis lorsqu'il a bien placé le point voulu sous les fils, on découvre la lunette et il continue à tenir la lune complétement immobile dans le champ du chercheur, durant le temps nécessaire. Il croit pouvoir répondre que les oscillations de l'atmosphère sont beaucoup plus grandes que celles de la lunette (1). »

(1) Mailly. *Relation d'un voyage fait en Sicile et dans le midi de l'Italie pendant les mois de mai et de juin* 1858. Bruxelles, Hayez.

« Les images obtenues de cette manière, dit à son tour le P. Secchi, sont une merveille de précision quand elles sont fraîches. Si le petit retrait que subit le collodion en séchant leur fait perdre quelque chose de leur finesse, néanmoins elles restent telles qu'on ne saurait guère désirer mieux. »

Le P. Secchi ne s'arrêta pas à ces astres voisins de nous et, mettant à profit les rares qualités de son équatorial, il commença la longue et pénible revue du catalogue des mesures micrométriques faites par Struve et Herschel sur les étoiles doubles ; il y ajouta l'examen de plusieurs groupes stellaires : notamment ceux de Persée, d'Antinoüs, du Sagittaire et des Gémeaux. Il en traça des dessins où chaque étoile se trouvait reportée, d'après sa position mesurée rigoureusement au micromètre. Comme le fait remarquer M. Gilbert, ce n'est qu'après de longues années que la comparaison de ces groupes d'étoiles avec les dessins du P. Secchi pourra fournir des lumières sur les modifications qu'ils auraient subies.

Il existe dans le ciel, au milieu des myriades d'étoiles qui le décorent, des masses nuageuses de forme et d'aspect divers, qui apparaissent dans le champ des instruments inférieurs comme un flocon lumineux à contours fugaces. Ce sont les nébuleuses. Herschel, Ross, Lamond, Bond, en dirigeant sur elles des appareils plus puissants, virent beaucoup d'entre elles se résoudre en des agglomérations d'étoiles distinctes. Le P. Secchi poursuivit leur ouvrage : on lui doit la description de 31 nébuleuses dont plusieurs n'avaient pu être résolues avant lui. Nous avons parlé déjà de la nébuleuse de l'Hydre ; ses travaux sur les nébuleuses d'Orion et d'Andromède ne sont pas moins remarquables.

Déjà sous le P. de Vico l'Observatoire du Collége Romain s'était acquis une réputation brillante par la découverte et l'observation des comètes. Le P. de Vico en avait découvert successivement le 21 août 1844 (comète périodique de Vico), le 25 février 1845, le 24 janvier 1846, le 19 février 1846,

le 2 mai 1846, le 29 juillet 1846, le 23 septembre 1846 et le 3 octobre 1847, cette dernière remarquable par son éclat et le grand développement de sa chevelure. Ces bonnes fortunes avaient valu au P. de Vico le nom connu de « Chasseur de comètes. » Le P. Secchi n'oublia pas la voie que son prédecesseur lui avait ouverte. Il en découvrit une en 1853, et retrouva le premier en 1852, les deux fragments dans lesquels, en 1846, la comète de Biela s'était divisée : ses observations sur les comètes de 1858, 1861, 1862 et 1874 sont d'autant plus remarquables, qu'il appliqua alors le premier à leur étude les propriétés de la lumière polarisée ; cette méthode le conduisit à ce résultat important, que la lumière dont ces astres errants brillent à nos yeux n'est pas due tout entière à la lumière du soleil qu'ils réfléchiraient vers nous, mais qu'ils sont lumineux par eux-mêmes, et que nous recevons à la fois les rayons qu'ils ont émis et ceux qu'ils réfléchissent.

Mais l'objet principal des recherches du P. Secchi, celui vers lequel il se sentait naturellement ramené comme par une inclination de son cœur, celui qui devint le sujet d'un de ses plus beaux livres, ce fut sans contredit le soleil.

« Qu'est-ce que le soleil ? Quel est cet astre radieux et puissant qui dissipe les ténèbres de la nuit, apporte sur la terre la lumière du jour, qui nous inonde de chaleur, de lumière et de vie, en même temps que par son attraction mystérieuse il retient enchaîné autour de lui le système des planètes, contribuant ainsi d'une manière active à maintenir l'ordre dans la création ? »

C'est ainsi qu'il aborde son grand ouvrage, et remontant aussitôt à ces fins supérieures que l'esprit humain doit viser sous peine de déchoir, il ajoute : « La contemplation des œuvres de Dieu est une des plus nobles œuvres de l'esprit, c'est le but principal de l'étude de la nature ; mais cette étude nous conduit souvent à des résultats utiles que nous ne saurions dédaigner. L'étude du soleil ne paraît pas, pour le mo-

ment du moins, nous présenter cet avantage. Quelles que soient nos recherches et les connaissances que nous pourrons acquérir, il ne sera jamais en notre pouvoir de régler l'influence du soleil. — Mais ce serait sortir de notre sujet que de l'envisager ainsi ; les merveilles de la création ne doivent pas être exclusivement étudiées au misérable point de vue de l'utilité du moment. Nous savons par expérience que ce qui paraît n'être aujourd'hui qu'une spéculation oiseuse peut devenir demain une source de richesse ; après tout l'homme ne vit pas seulement de pain, il doit encore pour entretenir la vie de son âme s'assimiler les vérités abstraites ou sensibles dont l'ensemble constitue pour notre intelligence la parole du Créateur (1). »

Les recherches du P. Secchi sur le soleil datent des premiers temps de son entrée à l'Observatoire romain. Dès 1851, il soumettait à une étude minutieuse la distribution de la chaleur dans les diverses régions de cet astre. Armé de l'appareil thermo-électrique de Melloni, il en explorait pas à pas la surface, et il arrivait à ces conclusions remarquables : le rayonnement calorifique du soleil décroît en passant du centre à la circonférence ; toutes choses égales d'ailleurs, il est plus intense dans l'hémisphère Nord que dans l'hémisphère Sud.

La première de ces conclusions démontrait qu'il existe autour du soleil une atmosphère absorbante épaisse, et jetait ainsi, à l'époque où elle fut publiée, un jour tout nouveau sur la constitution physique de l'astre central de notre système. Aussi Arago, en la communiquant à l'Académie des Sciences, s'écriait-il, « c'est là une découverte de premier ordre. »

Disons que l'origine de ces études coïncida avec l'observation de l'éclipse solaire du 28 juillet 1851. Le P. Secchi n'avait alors en main que le cercle méridien d'Ertel et la lunette de Cauchoix, il s'en servit dans cette circonstance,

(1) *Le Soleil*. 2e édition. Préface, p. xv.

et, tandis qu'il procédait à des mesures photométriques et calorimétriques, l'idée lui vint d'entreprendre des recherches étendues sur le rayonnement du soleil, aux divers points de sa surface.

Arrivé au résultat que nous venons de dire, il devenait naturel, et à certain point de vue nécessaire, d'étudier et de mesurer l'intensité absolue de la radiation solaire. Après avoir constaté que cette radiation décroissait du double au simple en passant du centre à la circonférence, il fallait se demander encore sa valeur totale.

C'est en 1862 que le P. Secchi inaugura une série d'observations, dans le but de résoudre cette question aussi délicate qu'épineuse. L'appareil qu'il disposa à cet effet, et qui garde son nom, diffère peu de celui que M. Waterton employa aux Indes et M. Sovet sur le Mont-Blanc, tous deux dans des vues analogues. C'est un thermomètre noirci, maintenu au centre d'une enceinte fermée, enveloppée elle-même de toutes parts par une enceinte nouvelle dans laquelle on entretient une température constante. Le thermomètre central reçoit les rayons solaires; en comparant sa température à celle de l'enceinte au moment où toutes deux sont stables, on peut, grâce à une loi très connue de Newton, déduire la température de la surface solaire.

Le P. Secchi arrivait ainsi à donner au soleil un peu plus de 5000000 de degrés de température. Ce résultat fit jeter des cris, surtout en France où l'on regardait cette même température comme ne dépassant pas 5000 degrés. L'écart était immense, et l'on se demande naturellement comment d'aussi larges divergences sont bien possibles. Le voici :

La loi de Newton n'est pas la seule sur laquelle on puisse s'appuyer pour passer des résultats de l'observation aux conclusions théoriques que nous venons d'énoncer. Une autre loi, connue sous le nom de Dulong et Petit, sert encore d'intermédiaire entre ces termes extrêmes et, suivant que l'on s'attache à l'une ou à l'autre, on arrive soit au chiffre du

P. Secchi, soit aux chiffres modestes généralement acceptés en France de 2000, 3000 et 5000 degrés (1).

Il est bien évident que de ces deux lois, l'une au moins doit être inexacte, ou du moins inapplicable au cas présent; et c'est ici précisément que gît le nœud de la question, car on n'a jamais reproché au P. Secchi l'inexactitude de ses expériences ni celle de ses observations.

C'est également ici que les opinions divergent le plus vivement.

Au reste, sans nous engager plus loin dans cette question, nous rappellerons que le P. Secchi, exposant lui-même, dans la seconde édition de son livre sur le soleil, les différentes phases que cette discussion avait traversées, termine ainsi : « Nous croyons pouvoir conclure que, sans regarder comme irréformable le chiffre de 5000000 de degrés auquel nous sommes parvenus, on est cependant moins éloigné de la vérité en l'admettant qu'en s'arrêtant à quelques milliers de degrés. Nous ajouterons même que le nombre de 10000000 de degrés proposé par M. Waterton, n'est pas aussi absurde qu'on a voulu le dire. Enfin, s'il faut fixer une valeur minimum, nous pensons qu'il est impossible de descendre au-dessous de 1 ou 2 millions de degrés. » Plus tard, communiquant au secrétaire de la Société scientifique un résumé de ses opinions sur le soleil, fait à la demande de M. Newcomb, il lui écrivait ces mots : « Voici la lettre que je vous ai promise; elle résume toutes les conclusions de mon ouvrage sur le soleil. Elle excitera sans doute des réclamations et des discussions, mais que puis-je bien y faire? On me demande mes opinions... les voici. Je ne cherche à les imposer à personne. Si je suis dans l'erreur, je suis prêt à me corriger. » Cette dernière phrase me semble bien caractériser la disposition d'esprit de l'astronome

(1) M. Violle, dans un très récent article du *Journal de Physique* d'Almeida, ramène à ce même point toute la discussion. « Tous ces nombres valent ce que vaut la formule dont ils sont déduits. » *Journal de Physique*, août, 1878, p. 277.

romain, en présence des dissentiments que soulevaient ses idées. Il pouvait ne pas apercevoir la vérité, mais jamais après l'avoir aperçue il ne lui fût demeuré rebelle. Que cherchait-il si ce n'était-elle? Jamais homme ne fut plus éloigné de cet esprit de système qui s'accroche à des opinions parce qu'elles s'enchâssent dans une mosaïque d'idées fixes, de cet amour de l'antique qui les maintient à raison de leur âge vénérable, de cet amour propre étroit qui les défend comme un père aveugle défend parfois des fils dégénérés.

Il en est cent preuves dans sa vie et nous aurons l'occasion d'en citer.

Les taches solaires devaient nécessairement attirer son attention. Ses premières observations à ce sujet datent de 1852. A partir de 1858, la lunette de Cauchoix y fut exclusivement consacrée. Un dispositif spécial qu'il y fit adapter lui permit d'en obtenir par projection des images du soleil très nettes et très distinctes, que l'on dessinait chaque jour et dont on conservait la série. Ce procédé d'investigation ne fut plus interrompu depuis lors, et, comme les rois avaient leurs historiographes, le soleil eut ses peintres, gravant jour pour jour les modifications de sa surface, pour en conserver le souvenir dans les archives de l'astronomie.

L'étude attentive et détaillée de ces phénomènes inspira au P. Secchi une théorie nouvelle sur leur origine. Ce serait ici le lieu de l'exposer, mais il nous faut d'abord parler des protubérances; car cette théorie est née autant de l'étude des protubérances que de l'étude des taches elles-mêmes. Pour lui, les deux phénomènes n'en sont qu'un seul, aperçu par nous sous deux points de vue différents. C'est comme un seul et même objet dont nous voyons tantôt une coupe verticale, tantôt une coupe horizontale, la tranche ou la face.

Les protubérances solaires, ces immenses nuages enflammés qui s'échappent parfois du sein de l'astre comme les flots de lave et de feu s'échappent de nos volcans, avaient été très imparfaitement observées pour la première fois par

Arago, Airy et Struve, lors de l'éclipse du 8 juillet 1842. Dans les mêmes circonstances, en 1851, Airy, Carrington, Dawes et Talbot arrivèrent à des observations plus précises. Le P. Secchi et M. de la Rue, le premier au Desierto de las Palmas près de la Méditerranée, le second à Rivabellosa près de l'Atlantique, observèrent l'éclipse totale de 1860, et obtinrent pour la première fois des épreuves photographiques sur lesquelles le soleil éclipsé apparait entouré non-seulement de cette auréole lumineuse que l'on a appelée sa couronne, mais encore de ces flammes rosées affectant la forme de nuages, que l'on a appelées ses protubérances.

Dès lors on pouvait conclure que celles-ci n'étaient point comme on l'avait prétendu, de simples illusions d'optique, puisqu'elles décomposaient par leur lumière un sel d'argent parfaitement à l'abri des illusions.

On pouvait aller plus loin et affirmer qu'elles étaient comme un amas de matière lumineuse, d'un pouvoir photogénique extrême, puisque l'image qu'elles formaient dans la chambre noire tranchait vivement sur l'image de la couronne, et qu'elles étendaient leur irradiation jusqu'à empiéter profondément sur le disque assombri du soleil.

Une épreuve photographique obtenue alors présentait un intérêt spécial : elle montrait une protubérance totalement détachée du soleil et flottant au-dessus de lui, comme un nuage au sein de l'atmosphère.

Enfin des mesures exactes prises sur ces épreuves donnaient à certaines protubérances, 1, 2 et 3 minutes de hauteur ; ce dernier chiffre équivaut à 10 fois le diamètre de la terre.

Mais quelle était la nature de ces météores lumineux? Qu'étaient ces nuages rosés dont les flammes entouraient le soleil comme d'une couronne de joyaux.

Les astronomes avaient en main un appareil récent prêt à leur répondre, le spectroscope. Toute flamme dont le rayonnement lumineux atteint cet appareil admirable y trace, sous forme de bandes colorées, le signalement rigoureux et précis

des corps qui l'alimentent. Il suffirait donc de recevoir au sein du spectroscope un rayon lumineux émané d'une protubérance, pour voir aussitôt se révéler sa nature. Malheureusement les protubérances n'étaient visibles qu'en temps d'éclipse. Le rayonnement du soleil efface leur rayonnement propre, et il ne paraissait possible de recevoir utilement celui-ci que dans l'heureuse circonstance où la lune s'interpose comme un écran entre notre atmosphère et le soleil.

Les astronomes résolurent donc de mettre à profit l'éclipse de 1868 pour braquer leur spectroscope sur ces magnifiques et mystérieuses apparitions. Le P. Secchi en particulier en imagina une disposition nouvelle qu'il proposa dès lors dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. Toutefois il ne put suivre lui-même l'observation de l'éclipse. Le succès des astronomes fut d'ailleurs complet, et la nature des protubérances désormais fixée, au moins dans son élément principal, l'hydrogène.

Mais un résultat plus important, bien qu'à peu près inattendu ressortit de l'observation de cette éclipse fameuse. M. Janssen, qui l'observait à Guntoor dans les Indes, trouva pendant les premières heures qui suivirent l'éclipse, le moyen d'étudier les protubérances sans le secours de la lune. Il suffisait de les observer à l'aide du spectroscope, en promenant d'une manière déterminée la fente de l'appareil autour du disque solaire. Le jour même où cette précieuse découverte était annoncée à l'Europe (20 octobre), le P. Secchi dirigeait son appareil dans les conditions indiquées, et la protubérance y dessinait en bandes colorées les caractères propres de l'hydrogène.

A partir de ce moment le spectroscope devint l'instrument privilégié des observatoires. De toutes parts les savants se mirent à l'œuvre pour explorer ce nouveau champ ouvert à leurs recherches. « Nous avons essayé de rivaliser de zèle avec eux, dit le P. Secchi. » Il nous sera permis d'ajouter que dans cette glorieuse phalange l'astronome du Collége Romain marchait aux tout premiers rangs.

Nous pouvons à présent donner la théorie des taches solaires telle que la concevait le P. Secchi.

Il s'échappe donc du sein même du soleil des masses gazeuses incandescentes qui s'élèvent en tourbillonnant à des hauteurs que notre imagination peut à peine atteindre; là elles se mêlent, se confondent et demeurent parfois suspendues comme des nuages. Ces jets lumineux ont à la base des largeurs de 3000 à 120,000 kilomètres; ils vont s'élargissant sans cesse jusqu'à ce que, refroidis à leur tour, comme le sont nos nuages, ils retombent lentement à la surface du soleil. Ce sont bien là les protubérances solaires. Veut-on savoir maintenant ce que sont les taches solaires dans la conception du P. Secchi, que l'on me permette une comparaison. Un voyageur sur la côte de la mer Tyrrhénienne, près de Naples, observe une éruption du Vésuve; que voit-il? une gerbe de flammes couronnée d'un immense nuage épais et noir. Si, en la même heure, un aéronaute planait au-dessus du volcan et contemplait, penché sur le bord de sa nacelle, la même éruption, que verrait-il? La gerbe lumineuse lui échapperait, et l'immense nuage se dessinerait à ses yeux comme une tache sombre sur la teinte grise du sol. Ainsi en est-il des protubérances et des taches; ce sont deux aspects d'un même phénomène, l'éruption à la surface du soleil. Quand celle-ci nous apparaît à la circonférence du disque, nous la voyons comme de Naples on voit la gerbe du Vésuve; quand elle nous apparaît au sein même du disque, nous la voyons comme l'aéronaute, du haut de sa nacelle, apercevrait le nuage.

Cette théorie du P. Secchi a été vivement attaquée, notamment par M. Faye. Sans entrer dans le débat, nous nous bornerons, comme nous l'avons fait plus haut, à citer ces mots qui terminent l'exposé de sa théorie :

« Nous avons cherché à répondre aux objections qui nous ont été faites par des savants illustres; mais nous ne nous flattons pas de les avoir persuadés. Chacun a sa manière de voir, et les opinions personnelles sont les plus chères, surtout lorsqu'on se les est formées a priori, sans y être suffisamment préparé par l'observation.

» Nous ne prétendons pas que le dernier mot ait été dit par nous, car il reste encore à lever plus d'une difficulté... Les recherches ne sont donc pas encore terminées, mais nous sommes persuadé que le plus gros est fait, et qu'il n'y a plus qu'à continuer dans la même voie pour arriver à une solution définitive du problème (1). »

Dans le cours de la discussion il fut fait au P. Secchi une de ces objections que l'on ne conçoit plus à notre époque où les conditions du progrès scientifique ont été si nettement reconnues : « Votre théorie, lui disait-on, fait reculer la science aux temps de Galilée, de Scheiner et de Kircher. »

Kircher, Scheiner et même Galilée avaient autrefois, en effet, attribué les taches du soleil à l'interposition de gros nuages. «N'est-ce pas là ramener la science à son berceau?»

Le P. Secchi répondit avec infiniment de sagesse : « Si les faits sur lesquels s'appuie mon principe sont exacts, il faut bien y ramener la science, et si ces mêmes faits se rencontrent à son berceau, c'est qu'en s'éloignant de son berceau la science s'est égarée. »

Certes, si la théorie du P. Secchi n'avait pas rencontré d'objection plus sérieuse, elle serait définitivement établie. Après tout, la science ne reste vraiment la science qu'à la condition de demeurer fidèle aux faits... Si elle s'en écarte, elle cesse d'être la science pour devenir la rêverie et l'aventure.

J'ai dit que le spectroscope, depuis la découverte fondamentale de M. Janssen devint l'instrument privilégié du P. Secchi dans ses recherches sur le soleil. Il serait malaisé de dépeindre l'ardeur avec laquelle il s'élança dans cette voie nouvellement ouverte. Depuis cette époque jusqu'à la veille de sa mort, il ne se passa pas de jour sans que l'infatigable astronome, favorisé par l'admirable pureté du ciel de Rome, ne dirigeât son appareil sur le contour solaire pour en explorer toute l'étendue. Le nombre des protubérances, la po-

(1) *Le Soleil*, 2e vol.

sition de chacune d'elles, sa hauteur, son développement, sa figure, les modifications de son aspect, toute son histoire, si je puis ainsi m'exprimer, était soigneusement notée et consignée dans les archives de l'Observatoire. L'observation des taches, conduite avec la précision et la rigueur que nous avons décrite, suivait parallèlement celle des protubérances; et si cette double série de faits constatés ne démontre pas avec une évidence entraînante la vérité de sa théorie, du moins fait-elle naître en faveur de celui qui l'a conçue une présomption que ne peuvent pas toujours invoquer ses adversaires.

Mais notre soleil à nous n'est pas le seul soleil de l'univers, et le P. Secchi demanda au spectroscope des lumières sur les autres. Je serai bref sur ce point. Ces recherches datent de 1863. Elles ont abouti à la détermination du spectre de plus de 4000 étoiles. Sa santé délabrée ne lui permit pas d'aller au-delà; depuis lors d'Arrest, Vogel et Huggins continuèrent cet examen du monde stellaire. Mais les recherches du P. Secchi lui avaient déjà permis de classer toutes les étoiles en quatre groupes, caractérisés par des spectres distincts, comme par des types auxquels elles venaient toutes se rapporter. Cette classification importante à laquelle ont adhéré le plus grand nombre des astronomes a été très arbitrairement attribuée à Rutherfurd. Rutherfurd, en effet, s'était contenté de remarquer que les étoiles présentaient des spectres de colorations différentes, sans les classer d'aucune manière, et surtout sans démontrer que toutes se rapportaient à l'un des types spectraux déterminés.

La dernière étoile dont le P. Secchi étudia les caractères spectroscopiques fut la nouvelle étoile du Cygne, découverte par J. Schmidt le 24 novembre 1876.

L'examen rapide que nous venons de faire des travaux d'astronomie physique auxquels se livre le P. Secchi, pourra donner une idée de l'incessante activité qui dévora sa vie. Et toutefois ce ne fut là qu'une part de son travail. Les tra-

vaux d'astronomie mathématique, bien qu'étrangers à l'Observatoire du Collége Romain tel qu'il l'avait conçu, l'occupèrent maintefois. C'est ainsi qu'il fut chargé par le gouvernement pontifical, en 1854 et 1855, de mesurer à nouveau sur la voie Appienne un arc de près de deux degrés, entre Rome et Rimini. Cette mesure exécutée autrefois, en 1751, par Boscovich, avait dû être reprise; son terme oriental était perdu. Des ingénieurs français l'avait rétabli en 1810, mais, comme le remarque le P. Secchi, avec une erreur de $2^{m}80$. Elle fut suivie d'un travail préparatoire à la triangulation générale des États pontificaux. Le malheur des temps interrompit ces opérations qui plus tard furent poursuivies par les officiers d'état major du royaume d'Italie. Un rapport émané d'eux déclarait qu'il n'y avait pas lieu de reprendre les travaux effectués par le P. Secchi, la vérification rapide qu'ils en avaient faite leur ayant prouvé qu'ils étaient de la plus grande valeur scientifique, « del massimo valore scientifico. » C'est lui encore qui fut chargé d'étudier et de diriger l'établissement des phares sur les côtes de l'État pontifical, de combiner et d'exécuter les travaux destinés à porter dans la campagne romaine les eaux d'irrigation et les eaux potables, etc.

Dès les premiers temps de son séjour à l'Observatoire, il entreprit, pour ne plus les interrompre, des observations magnétiques quotidiennes. Tous les appareils qui devaient y servir étaient en double, afin que si l'un d'eux, par un de ces mille accidents qui peuvent survenir en ce genre d'étude, était momentanément mis hors d'usage, l'observation correspondante n'eût pas à en souffrir.

Je dirai peu de chose des observations météorologiques qu'il dirigea pendant toute sa carrière et dont lui-même aimait à discuter certains résultats (1). Ces observations,

(1) C'est ainsi qu'il discuta et réduisit les observations thermiques de 50 années : les observations pluviométriques de 50 années, les observations anémométriques de 17 années, etc.

commencés à Rome en 1782, n'ont pas cessé depuis lors et s'étendent donc à plus d'un siècle.

En 1856, le P. Secchi, devançant d'une année l'illustre Le Verrier, obtenait du gouvernement pontifical, de relier par voie télégraphique Rome, Ancône, Bologne et Ferrare, et inaugurait ainsi, en créant le réseau météorologique italien, le seul chemin par lequel la météorologie peut aujourd'hui marcher aux découvertes.

Qui n'a ouï parler de son météorographe? « Le météorographe du P. Secchi. » Pour bien des gens ces deux noms sont inséparables. Singulier jeu de la fortune, qui parfois s'obstine à attacher le nom d'un homme illustre à l'une de ses œuvres les plus secondaires. Cet appareil qui fit tant de bruit quand on le vit fonctionner en 1867 à l'exposition universelle, était sans doute d'une conception ingénieuse; il y avait là mille difficultés heureusement tournées ; on y avait prodigué les ressources de la mécanique et de l'électricité. Mais, en ce même temps et à cette même heure, le procédé d'enregistrement mécanique qu'il appliquait à la météorologie était distancé grandement par l'enregistrement photographique, en pleine activité dans les observatoires de la Grande Bretagne.

Au milieu de ces travaux si absorbants, le P. Secchi trouvait le temps d'écrire cette prodigieuse quantité de mémoires, notes, lectures, communications scientifiques, etc. dont le tableau incomplet suit cette notice. Il rédigeait en outre avec une régularité parfaite les bulletins de son Observatoire, publication mensuelle qui en est, aujourd'hui, à sa seizième année. Et ce n'est point tout. Il est de la nature de la vérité scientifique, comme de toute vérité, de chercher à se répandre, et l'esprit qui la possède n'a de repos qu'il ne l'ait fait connaître aux autres. C'est un besoin généreux qui travaille un cœur riche de trésors et le porte à en enrichir ses frères. Comme tous les savants de notre époque, le P. Secchi eut ses heures destinées à vulgariser la science.

Elles ont donné le jour à deux livres dont nous devons

parler, *L'unité des forces physiques*, et *Le Soleil*, le premier écrit d'abord en italien et pour les Italiens, le second écrit en français, et offert par l'astronome en hommage à ses amis de France.

L'unité des forces physiques — Essai de philosophie naturelle — parut en 1864. Une traduction française en fut donnée par le Dr Deleschamps en 1869.

Ce livre présente un caractère où se révèle admirablement la direction d'esprit du P. Secchi; il montre clairement quel fut, même au milieu de ses préoccupations astronomiques, l'objet constant de ses pensées : s'il m'est permis de le dire, c'est comme un portrait de lui-même. J'y retrouve l'astronome incontestablement, mais j'y retrouve aussi le professeur de physique de Lorette; j'y vois le théologien considérant Dieu à la racine de ces mouvements dont il fait jaillir l'ensemble harmonieux des lois, mais j'y vois aussi et surtout l'ancien élève de philosophie du Collége Romain devenu maître aujourd'hui et secouant ces vieilles théories dont, peut-être, il avait autrefois défendu sur les bancs les thèses vénérables.

Ce livre en effet — le P. Secchi y fait une allusion fort transparente dans sa préface — ce livre n'est que le développement d'une lecture faite par lui en 1858, à l'Académie tibérienne, sous le titre, *De la corrélation des forces physiques*. Elle provoqua de très vifs dissentiments. « La nature même des objections que soulevèrent les idées émises dans ce travail, me persuada, dit le P. Secchi lui-même, que nombre d'idées, déjà fortement enracinées dans la science, n'étaient pas encore répandues et suffisamment connues parmi nous. »

A cette époque les théories d'Aristote sur la constitution des corps régnaient dans les écoles romaines de philosophie; les théories opposées de Boscovich n'y paraissaient guère qu'à la manière de victimes, ornées de bandelettes et livrées, dans les tournois philosophiques, aux coups d'essais des jeunes chevaliers du Stagyrite. Sans enseigner le dynamisme,

le P. Secchi heurtait de front les théories aristotéliciennes, on pouvait croire que tout son livre était dirigé contre elles, puisque dans chacun des résumés qui en ferment les diverses parties, il les déclarait définitivement abandonnées. On conçoit dès lors l'opposition qu'il souleva, opposition d'autant plus redoutable que, la terminologie d'Aristote ayant envahi la théologie, il semblait, sous la couverture des mots, ébranler en même temps la philosophie et la religion.

Le succès de cette petite campagne fut tout entier au P. Secchi. A l'heure où nous écrivons, les théories enseignées au Collége Romain et dans plusieurs autres écoles de la ville éternelle, sont d'accord avec les données scientifiques et avec les idées de Boscovich. Les lecteurs de la Revue n'ont pas oublié les actes solennels par lesquels le Saint-Siége a déclaré naguère la pleine liberté qu'il entendait laisser sur ce terrain aux recherches des catholiques.

« Que l'on ne s'étonne pas, disait le P. Secchi dans sa préface, de voir un astronome entreprendre de traiter un sujet regardé d'ordinaire comme relevant des physiciens. Car certainement la question des forces de la nature intéresse l'astronomie au plus haut point. Il y a en effet deux manières d'envisager les mouvements célestes; ou bien comme de simples effets d'une force abstraite, la gravité, et la loi élémentaire de cette force une fois connue, tout le reste s'en déduit par voie analytique; ou bien comme les effets d'une cause immédiate appartenant à un ordre plus élevé et dont la gravité elle-même ne serait qu'une conséquence. » Tant que l'on se borne à calculer les mouvements planétaires, la première hypothèse suffit aux besoins de l'astronomie; mais lorsqu'on arrive à chercher l'explication d'autres phénomènes que nous présentent les comètes, les aérolithes et le soleil lui-même, elle est insuffisante. Non seulement les apparences physiques des corps célestes ne peuvent s'expliquer par un principe unique, mais les lois mêmes des mouvements révèlent des perturbations que l'on ne peut négliger. Pour comprendre ces aberrations, il faut recourir à l'action de ces

forces qui régissent la matière, que nous connaissons de près et que pour ainsi dire nous manions chaque jour. De récentes observations ont démontré que dans l'espace planétaire s'exercent encore la répulsion calorifique, la résistance du milieu, les actions magnétiques et électriques et, sans nul doute, de même que la lumière, ces forces sont communes à toute la création et lient ensemble les corps les plus éloignés de tout l'univers.

« En présence d'une idée aussi séduisante, celui qui entre dans la carrière astronomique, après avoir consacré plusieurs années à l'étude de la physique, ne peut s'empêcher d'être vivement sollicité à déterminer les relations réciproques de ces forces, à en rechercher les principes, à voir s'il est possible de les ramener toutes à une cause commune... Une telle synthèse a été toujours pour nous un sujet d'études favori (1). »

Le livre de l'*Unité des forces physiques* en a été le résultat. Ce fut en effet une tentative et l'une des plus heureuses qui eussent été jusqu'alors entreprises, pour ramener en une seule famille ces faits innombrables groupés en des foyers distincts, que l'on appelle les traités de la chaleur, de la lumière, de l'électricité, la mécanique générale, la mécanique céleste, la chimie inorganique et organique, sans compter l'ensemble des lois qu'a révélées l'étude des phénomènes vitaux dans le règne animal et végétal ; pour ramener, à l'aide de la thermodynamique, à une loi générale et universelle, cet ensemble de lois élémentaires dont nous pressentons le lien sans l'avoir encore découvert.

Le P. Carbonnelle, analysant cet ouvrage dans les *Études religieuses de Paris,* disait : « C'est un des mérites les plus saillants de ce livre, que la plupart des découvertes récentes, encore éparses dans la littérature scientifique de l'Europe et de l'Amérique, s'y trouvent non seulement indiquées mais encore développées et groupées systématiquement.

(1) *L'Unité des forces physiques.* Préface de l'édition française.

Nous connaissons peu d'ouvrages du même genre qui puissent, sous ce rapport, soutenir la comparaison... Le lecteur y trouvera, nous l'avons dit, une grande quantité de découvertes encore toutes récentes et dont la réunion a demandé une érudition scientifique considérable. Il y trouvera en outre des idées théoriques discutables mais auxquelles on ne peut refuser une véritable valeur. Peut-être, puisqu'il faut dire toute notre pensée, aurions-nous préféré en certains passages un ton moins assuré soit dans l'affirmation, soit dans la négation de certaines théories. Mais ce n'est là qu'un défaut de forme... On remarquera sans doute des traces de la précipitation avec laquelle la première édition fut jadis publiée, on pourra réduire certaines assertions à n'être que des conjectures, on y relèvera même peut-être des erreurs de fait, des contradictions; mais qu'on se demande ensuite s'il était possible aujourd'hui de mieux remplir un pareil programme; nous pensons que beaucoup de lecteurs pencheront avec nous vers la négative. D'ailleurs la conjecture a toujours été l'embryon de la théorie : l'histoire des sciences nous apprend que la grande découverte de Newton fut précédée par les savantes rêveries de Képler. »

La première édition de ce livre fut rapidement épuisée et quand, cinq années après, le Dr Deleschamps en publia la traduction française, la science avait marché d'un pas si rapide, que le P. Secchi fut obligé de la revoir feuillets par feuillets et de la modifier souvent pour la tenir au courant des découvertes. Aussi pouvait-il la nommer une « édition originale française. » Toutefois, il ne changea rien à la forme de l'ouvrage : « Il y avait pour cela une excellente raison, dit-il lui-même : en effet dans cet intervalle bien des professeurs et des vulgarisateurs habiles ont cherché à répandre ces doctrines, soit par des articles soit par des ouvrages spéciaux. En modifiant trop notre rédaction, nous aurions courru le risque de paraître avoir emprunté à ceux que nous avions réellement précédés et qui quelquefois même nous ont simplement copiés. » Ce dernier trait laisse percer une légère

teinte d'humeur; je ne voudrais pas la condamner. Rien n'est plus intimement enraciné dans le cœur de l'homme que le sentiment de la propriété, et parmi toutes les propriétés n'est-ce pas la propriété des biens de l'esprit qui lui est la plus chère et qu'il peut surtout revendiquer avec une fierté légitime. A plusieurs reprises, dans les œuvres du P. Secchi on retrouve ces revendications, parfois un peu vives; je n'ai pas à les juger, mais je crois qu'on peut aisément les tolérer.

Au reste si c'est un mal que cet amour extrême de la paternité scientifique, c'est un mal bien répandu et les comptes rendus de nos académies nous tenteraient d'y voir une maladie de famille chez les savants. N'est-ce pas dès lors un motif d'invoquer leur indulgence? Un simple examen d'eux-mêmes ferait peut-être tomber de leurs mains la pierre qu'ils se préparaient à lancer.

Le second ouvrage du P. Secchi, « le Soleil » est plus répandu. Il naquit d'une conférence faite en 1867 aux élèves de l'école Sainte-Geneviève à Paris. Cette conférence, reproduite par les *Études religieuses* de Paris, n'était que le résumé et la quintessence d'un manuscrit italien, presque achevé à cette époque, et que le Père se disposait à publier en Italie. Les sollicitations de ses amis modifièrent son projet, et l'ouvrage parut en français. Il contenait, sous une forme accessible aux esprits les moins accoutumés aux notions astronomiques, l'exposé de nos connaissances actuelles par rapport au soleil. L'édition fut rapidement enlevée et, en 1875, M. Gauthier-Villars annonçait la seconde édition, que l'on pourrait appeler un tout nouveau livre. Touchant dans sa préface l'amour propre auquel nous faisions allusion tantôt, le P. Secchi s'exprime et se justifie ainsi : « Nous avons cherché à rendre justice aux savants en conservant à chacun ses droits de propriété; mais en même temps nous avons tenu à exposer les faits tels qu'ils se présentent à notre expérience personnelle; c'est ainsi que notre ouvrage a pris un cachet particulier et original. On nous a accusé à ce propos d'avoir voulu persuader à nos lecteurs que nous avons porté

seul « tout le poids de la chaleur et du jour ! » Nous n'avons jamais eu cette prétention, nos lecteurs le savent bien ; nous avons seulement voulu, tout en citant les découvertes des autres, décrire les phénomènes avec cette sûreté et cette précision que l'observation personnelle peut seule donner à un écrivain. L'expérience nous a trop bien appris qu'un grand nombre de discussions naissent et se compliquent outre mesure, parce qu'on n'observe pas assez les faits qui servent de fondement aux théories.

» Du reste, après avoir rendu à chacun ce qui lui appartient, nous ne devons pas nous oublier nous-même ; on ne sera pas surpris, par exemple, si nous nous attribuons l'honneur d'avoir complété, avec des soins si assidus, certaines recherches à peine indiquées par leurs auteurs, qui s'en étaient détournés pour se livrer à d'autres travaux, plus brillants peut-être, mais non plus fertiles. D'ailleurs il y a tant de savants à notre époque, presque tous armés de puissants instruments, que plusieurs d'entre eux peuvent bien se rencontrer poursuivant les mêmes idées et découvrant les mêmes faits. L'étude de la physique solaire a donné, il y a deux siècles et demi, un exemple frappant de ces coïncidences, exemple qui peut bien se renouveler de nos jours. » Il ne nous appartient pas de toucher à cette justification écrite d'une main ferme et avec un cœur qui paraît bien ne pas trembler devant les contradicteurs.

Cette seconde édition a été supérieurement jugée, dans cette Revue même, par M. le prof. Gilbert de l'Université de Louvain. « C'est, pour les hommes voués à l'étude, disait-il, une trop rare bonne fortune, que l'un des maîtres dont les travaux originaux ont puissamment contribué à fonder, à enrichir, à avancer une branche de la science, veuille bien s'appliquer lui-même à exposer dans un ouvrage didactique les travaux des autres avec les siens et ouvrir à de nombreux travailleurs le chemin qu'il s'est frayé péniblement. Les hommes peu nombreux, dont les facultés supérieures ont réussi à reculer les bornes de nos connaissances, préfèrent

généralement, de notre temps surtout, témoigner de leur activité par la publication de mémoires originaux sur les points spéciaux dont ils ont fait leur domaine ; le charme puissant qui s'attache à la recherche de vérités nouvelles, l'éclat plus vif qu'elles projettent, le travail plus pénible et plus ingrat qu'impose la rédaction d'un ouvrage où il faut rendre justice à tous et se faire comprendre de lecteurs moins préparés, toutes ces raisons expliquent suffisamment la tendance dont nous parlons. Il faut cependant reconnaître le prix inestimable de ces écrits dans lesquels un maître de la science expose, avec l'autorité qui s'attache à ses découvertes, l'ensemble des connaissances acquises dans le domaine qu'il cultive ; promène son regard exercé sur les travaux accomplis pour en faire ressortir l'enchaînement, les conséquences, les lacunes ; discute les méthodes d'observation, les théories proposées ; fait au lecteur la confidence de ces mille petits secrets dont se compose l'art précieux de chercher la vérité dans les sciences ; marque enfin la direction dans laquelle il faut marcher vers l'inconnu. Aussi les écrits de ce genre, en trop petit nombre, que possède la littérature scientifique, tels que les *Ossements fossiles* de Cuvier, la *Chimie appliquée aux Arts* de M. Dumas, la *Mécanique analytique* de Lagrange, jouissent-ils d'une solide et universelle réputation. Tel sera le sort du bel ouvrage sur le soleil dont le P. Secchi publie aujourd'hui la deuxième et magnifique édition (1). »

Magnifique, en effet ; M. Gauthier-Villars en avait voulu faire un chef-d'œuvre et il y a réussi.

Peu d'ouvrages scientifiques ont été publiés avec un luxe comparable. La chromolithographie lui a fourni des planches splendides, reproduisant tantôt les formes fugaces des protubérances solaires, tantôt les spectres types des étoiles, tantôt sur un fond bleu sombre les figures tourmentées des nébuleuses.

(1) *Revue des questions scientifiques*, t. I, p. 642.

La gravure sur bois en orne presque toutes les pages, et la gravure sur acier y reproduit avec une perfection rare la magnifique tache solaire dessinée par M. Langley.

Comme partout, dans cet ouvrage, le P. Secchi a su mettre ce cachet de vie, que des considérations abstraites, des expositions scientifiques, des calculs mal déguisés, voilent si souvent dans les livres de science.

L'esprit du lecteur n'est pas seul à jouir, le cœur et l'imagination elle-même n'y sont pas oubliés. On y retrouve ces soudains retours vers Dieu qui élevaient si haut la pensée de Kepler, de Newton, de Leibnitz, et ce besoin insatiable de l'homme de se reposer en Lui au terme de ses recherches. « Que penser de ces étoiles qui sans doute sont comme notre soleil des centres de lumière, de chaleur et d'activité, destinés comme lui à entretenir la vie d'une foule de créatures de toute espèce? Pour nous, il nous semblerait absurde de regarder ces vastes régions comme des déserts inhabités; elles doivent être peuplées d'êtres intelligents et raisonnables, capables de connaître et d'aimer leur Créateur; et peut-être que ces habitants des astres sont plus fidèles que nous aux devoirs de la reconnaissance envers celui qui les a tirés du néant; nous voulons espérer qu'il n'y a point parmi eux de ces êtres infortunés qui mettent leur orgueil à nier l'existence et l'intelligence de Celui à qui ils doivent eux-mêmes et leur existence et la faculté de connaître tant de merveilles (1). »

Au moment où la mort atteignit l'infatigable travailleur, un de ses ouvrages, *les Etoiles*, venait de sortir des presses de H. Loescher, à Turin, et il corrigeait les épreuves de ses *Leçons de physique terrestre*.

Il est deux moyens de répandre les connaissances scientifiques : la presse et la parole. Nous venons de voir que le P. Secchi consacrait au premier les moments que ne lui

(1) 2e éd. t. II, p. 480.

réclamaient pas ses observations astronomiques. Il ne dédaignait pas le second, les conférences. Il en donnait fréquemment à Rome, il en donnait pendant ses voyages scientifiques; et l'on n'a pas oublié qu'il avait promis de résumer quelques-unes de ses plus belles recherches devant les membres de la Société scientifique de Bruxelles, lors de la session principale de 1876.

Le mal qui devait l'emporter mit obstacle à l'accomplissement de sa promesse : « Vous ne sauriez croire, écrivait-il au secrétaire de la Société, combien j'étais reconnaissant de l'invitation que la Société m'avait faite, et combien haut j'estimais cet honneur. » Mais la défense des médecins était formelle, il fallut obéir « non pas que ma vie soit si précieuse ou que je désire la voir se prolonger longtemps. Oh! non! le triste spectacle des événements que je vois ici de mes yeux n'est pas de nature à inspirer ces désirs.. Mais un fil d'espérance se rattache à ma pauvre existence. Nous avons tant perdu dans Rome qu'on craint d'y perdre avec moi la seule chose qu'on nous ait laissée. » Il s'agissait ici de l'Observatoire du Collége Romain, dont le gouvernement italien n'avait pas expulsé la Compagnie, et qu'il laissait sous la direction du P. Secchi.

Parmi ces conférences, il en est une qu'il nous sera permis de rappeler, à raison du noble auditoire qu'elle rassembla. C'était pendant le Concile du Vatican. Les Pères, tout entiers aux grandes questions qui s'agitaient dans leurs assemblées, firent une halte au milieu de leurs travaux, et, à plus de trois cents, se réunirent dans une des vastes salles du Collége Romain. Là, devant ces cardinaux, ces évêques, ces archevêques, ces théologiens, rassemblés de toutes les parties du monde, le P. Secchi, pendant près de deux heures, traita de son sujet favori, et exposa l'état de nos connaissances sur le soleil. Pourquoi n'introduisit-on pas, derrière cette illustre assemblée, quelques-uns de ces savants d'occasion que nous entendons tous les jours accuser l'Église de ne pas aimer la science!

Me serait-il permis de rappeler que deux siècles auparavant, devant un auditoire tout pareil, devant des cardinaux, des évêques et des archevêques réunis au même lieu, un Belge, le P. Odon Van Maelcote, développait brillamment les premières découvertes que l'usage des télescopes avait mises en lumière relativement à Jupiter, Saturne, Mars, Vénus, Mercure, la Lune, etc. Au milieu de ces nobles personnages était assis un homme que tous mettaient au premier rang et que Grégoire de Saint-Vincent, à qui nous devons ces détails, cite en première ligne : « Galileo Galilei (1). »

(1) La lettre du P. Grégoire de St-Vincent nous semble assez intéressante et elle est assez rare pour que nous la reproduisions ici :

... Nescio utrum in Belgio tantus rumor de novis sideribus, quantus hic est Romæ, inventis beneficio specilli cujusdam oblongi. Hic, in Collegio Romano, P. Odo Malcot hac de re problema exhibuit, coram auctore hujus novitatis, Galilæo Galilæi nomine, maximo certe applausu et concursu virorum doctorum et nobilium ; ita ut, præter plurimos nobilissimos viros, comites et duces, præter prælatorum magnum numerum, tres ad minimum ex purpuratis patribus sua præsentia et auribus cohonestare et gratificari voluerint. Rem breviter totam exponam.

Saturnus apparet nobis non esse rotundus ; sed figuræ ovalis, diametro majore hujus figuræ æquinoxiali parallela.

Jupiter continuum habet satellitium quatuor planetarum, qui eum semper sequuntur, et in girum circa ipsum continuo aguntur, et singulis horis diversos habent positiones et aspectus ad invicem ; semper autem in linea apparent. Ipse autem Jupiter est omnino rotundus semper.

Mars nihil habet singulare.

Venerem omnino circa solom verti, similiter et *Mercurium*, compertum est ; ita ut centrum illorum motus sit centrum solis ; Venusque nova Cynthia vocata est, eo quod omnino sicuti luna crescat et decrescat.

In *Luna* maculas non satis posse per raritatem et densitatem salvari, etiam plus quam probabile habemus.

Mercurium satis diu consideravimus, quamvis raro ; sed cujus figuræ sit adverti non potuit propter scintillationes nimias ; valde enim scintillat hoc astrum.

Pleiades triginta trium stellarum constellatio est ; *Nebulosa præsepis*, 37.

Si apud vos hodie specilla non exstant, quum hic illa nos ipsi, mathesis studiosi, construimus, mittam ad Rev. vestram ; cujus precibus et sacrificiis me enixe commendo. — Romæ, 23 julii, 1611.

Vester in X^to servus,
Gregorius a S. Vincentio, S. J.

Une femme célèbre du siècle dernier, Mme de Genlis, avait choisi pour armes un flambeau allumé et la devise « pour éclairer je me consume. » L'homme aussi se consume à répandre la lumière. L'âme vaillante et généreuse sent un jour dans l'instrument qu'elle anime et qui la sert, je ne sais quelle résistance inconnue, comme un poids qui la gêne et entrave à jamais son élan : l'heure des défaillances a sonné et elle annonce l'heure suprême de la mort. C'est la condition de notre existence ici-bas de ne pouvoir dominer toujours la faiblesse de ce corps mortel, d'éprouver le contrecoup de ses fatigues et de ses douleurs, de tomber avec lui, et de ne retrouver la vraie vie qu'en survivant à sa ruine.

Vers le milieu de l'année 1877, le P. Secchi éprouva les premiers coups du mal qui devait l'emporter. Ce ne fut d'abord qu'une fatigue générale, une espèce de prostration physique que l'on pouvait attribuer à l'excès d'un travail sans mesure et sans relâche. Mais loin de s'améliorer par le repos, l'état du malade ne fit que s'aggraver de jour en jour.

Au mois d'août il dut renoncer aux travaux de l'Observatoire, se reposer sur son aide le P. Ferrari, et ne conserver que la direction générale de ces recherches bien aimées auxquelles il avait voué sa vie.

Vers la fin de novembre, dans sa modeste cellule, le P. Secchi recevait la visite d'un ami; qu'il avait toujours tendrement aimé, le P. François Denza de Montcalieri. Tandis qu'ils causaient ensemble, on apporta au malade un télégramme, annonçant la mort de l'astronome Littrow. Le P. Secchi jeta un regard sur son ami; *Ora tocca a me*, c'est maintenant à moi, lui dit-il avec un sourire. Le P. Denza chercha en vain à enlever au malade ces tristes pressentiments. Le P. Secchi d'ailleurs savait regarder la mort en face : depuis les premiers jours de sa vie religieuse il s'était accoutumé à la considération de ce dénouement fatal de toute vie humaine. L'hôte qu'il accueillait ne lui était pas inconnu, et il était prêt à le suivre aux portes de la vie nouvelle.

A partir de ce moment, il se recueillit davantage dans la

pensée des choses de Dieu, et renonça à jamais aux préoccupations scientifiques. La rectitude de son âme, le souci de sa conscience, et cette redoutable préparation au jugement du divin Maître l'occupèrent tout entier.

C'est vers cette époque que les médecins lui conseillèrent un changement de climat. Il quitta Rome et s'en fut à Florence, habiter près de Fiesole une villa où résidaient quelques Pères exilés depuis l'occupation italienne.

Après un mois de séjour dans cette contrée charmante, n'éprouvant aucun soulagement au mal qui le minait et dont il semble qu'alors on ignorait encore la nature, il désira revoir Rome et reprit le chemin de sa modeste cellule.

Il y retrouva ses amis et ses livres, il y put revoir ses instruments, tout ce qui avait fait la joie et le bonheur de sa vie. Je me le figure gravissant pour la dernière fois l'escalier qui conduisait à son Observatoire, passant lentement d'une salle à l'autre, touchant un à un ces appareils qu'il avait tant de fois manipulés, cet équatorial qu'il nommait avec je ne sais quel sentiment paternel « mon équatorial de Merz, » et leur disant adieu!

C'était bien l'adieu qu'il devait leur dire. Peu de temps après son retour, la nature de son mal devint évidente, il était sans remède.

Dans les premiers jours de janvier, le Père fut obligé, par une faiblesse toujours croissante, de garder le lit, il ne s'en releva plus. Le flambeau en était aux dernières lueurs.

Le 26 février 1878, entouré de ses frères et de ses amis, fortifié par les secours de l'Église et la bénédiction de son chef, le P. Ange Secchi se dépouilla de son enveloppe mortelle et s'en fut demander à Dieu la récompense de sa vie et de ses travaux. Il avait vécu 59 ans en ce monde, 44 ans dans la Compagnie de Jésus.

Le P. Ange Secchi était officier de la Légion d'honneur, grand dignitaire de la Rose d'Or du Brésil, etc. Son nom figurait sur les listes de la Société Royale de Londres, de

l'Académie des Sciences de Paris, de l'Académie royale de Bruxelles, des Académies de Berlin, de St-Pétersbourg, de Madrid, de Philadelphie, de Rio-Janeiro, de la Société italienne des XL, de l'Académie des Sciences de Turin, de Naples, de Palerme, etc., etc.

On rendit au défunt les derniers honneurs, dans l'église de Saint-Ignace, le 28 février. On ne changea rien à l'appareil modeste que la Compagnie de Jésus a adopté pour les funérailles de ses enfants ; un catafalque entouré de douze torches et, sur le cercueil, les ornements sacerdotaux. Un étranger, dont la modestie a caché le nom, déposa sur le cercueil et sur ces ornements une couronne de fleurs blanches. Autour de ces restes se rangeait une foule illustre et pieuse : les cardinaux Franzelin, de Luca et de Falloux, un grand nombre de prélats, des députés des sociétés scientifiques, des amis, des frères.

Mais il y avait mieux que cet appareil funèbre des pauvres; il y avait mieux que cette assemblée pour honorer cette cendre; le pauvre corps reposait entre les quatre piliers de la coupole et, comme une couronne glorieuse jetée dans les airs, l'Observatoire qu'il avait fondé, qu'il avait illustré, l'Observatoire où il avait usé sa vie et auquel il léguait son nom, couvrait son cercueil.

Il ne m'appartient pas d'apprécier complétement ce grand homme; encore moins de lui assigner une place déterminée parmi les astronomes de notre temps; mais je puis bien consigner ici une remarque qui doit s'être présentée à tous ceux qui l'ont vu à l'œuvre. Je n'ai d'ailleurs qu'à emprunter quelques lignes à deux de ces témoins. L'un de ses confrères, dans un compte rendu, cité plus haut, de l'*Unité des forces physiques*, disait en terminant une rapide énumération de ses travaux : « Voilà ce pui explique la célébrité de l'Observatoire romain, et lui assure un rang des plus honorables. Il y en a sans doute de plus grands sur la terre et les études y sont vigoureusement poussées. Mais si nous voulons être justes envers le P. Secchi, il est un point qu'il ne faut

pas oublier dans la comparaison; c'est la modicité des ressources qui ont pu être mises à sa disposition. Quels progrès ne ferait pas l'astronomie, si son budget était partout aussi productif qu'il l'est à Rome! Qu'on nous permette d'introduire ici une expression fort employée en thermodynamique. Dans la théorie des machines à feu, on appelle coefficient économique le rapport de la dépense utile à la dépense totale. Il serait intéressant de porter cette idée dans la comparaison des observatoires astronomiques qui couvrent l'Europe et l'Amérique; nous trouverions sans doute que le coefficient économique est une quantité singulièrement variable avec les coordonnées géographiques; mais nous n'hésitons pas à dire qu'il atteindrait son maximum sur les piliers de l'église Saint-Ignace, au Collége Romain. Quelles que soient les causes qui le font varier de place en place, sa grande valeur est due à Rome à la prodigieuse activité du P. Secchi (1). »

Que si cet éloge, émané d'un de ses frères, paraissait trop suspect d'affection pour être à l'abri de la partialité, nous citerons le témoignage d'un étranger.

M. Rayet, dans un livre très répandu et d'un grand mérite où il décrit les observatoires de l'Italie, termine ainsi la description de l'Observatoire du P. Secchi : « Tels sont dans leur ensemble les principaux travaux effectués à l'Observatoire du Collége Romain depuis que le P. Secchi en a pris la direction. Si l'on considère que les astronomes sont peu nombreux, que souvent ils sont distraits par diverses nécessités professionnelles, on ne peut s'empêcher d'admirer l'importance des résultats qu'ils ont obtenus, et l'on voudrait que tous les observatoires d'Europe apportassent à l'astronomie un pareil contingent. »

Que l'on veuille bien y songer, le vrai mérite d'un homme est là, sa mesure n'est autre que la mesure de son travail. Le talent, le génie, l'esprit de découverte sont des biens

(1) *Études religieuses*, etc., juin 1869.

précieux sans doute, et que Dieu avait livrés sans parcimonie à l'astronome romain, mais si précieux qu'ils soient, ce sont là des dons gratuits. Le travail, le travail courageux, persévérant, le travail qui correspond aux faveurs de la Providence et les met en œuvre, qui les féconde et en répand les fruits, le travail seul vient de l'homme ; c'est une richesse qu'il a puisée dans son fonds propre et dont il peut revendiquer l'honneur ; c'est une couronne que, sans attendre le jugement de la postérité sur le P. Secchi, nous pouvons dès aujourd'hui déposer sur sa tombe.

V. Van Tricht, S. J.

THERMOCHIMIE

ET

MÉCANIQUE CHIMIQUE.

« Rien ne peut nous permettre de prévoir les résultats auxquels on parviendrait par une étude approfondie du rôle de la chaleur et de l'électricité dans la constitution des molécules des corps. Si des notions sur la forme ou l'arrangement des particules matérielles nous ont déjà tant appris, que ne peut-on pas attendre de l'étude des forces, qui semblent présider à toutes les opérations de la chimie, de l'étude de la chaleur et de l'électricité, dans leurs rapports avec les particules des corps, puisqu'il n'existe aucune combinaison qui puisse se faire ou se défaire sans évolution de chaleur ou d'électricité? »

Il y a plus de quarante ans que M. Dumas s'exprimait ainsi (1) devant les nombreux élèves qui, en 1836, l'écoutaient au Collège de France, tandis qu'il exposait les principes de la philosophie chimique. Ces élèves, devenus pour la plupart nos maîtres, ont suivi la voie que leur traçait l'illustre chimiste.

Lavoisier et Laplace avaient déjà cherché à étudier les

(1) *Leçons sur la philosophie chimique*, par M. Dumas, 2e éd., p. 461.

phénomènes de combustion : mais les résultats qu'ils avaient obtenus étaient vagues et incertains ; aujourd'hui la *Thermochimie* est basée sur des déterminations expérimentales en nombre considérable et d'une précision rigoureuse ; et cette étude des forces, dont parlait M. Dumas, a fait d'immenses progrès, à la suite de la Thermodynamique.

Invité en 1862 à faire une leçon devant la Société chimique de Paris, Émile Verdet prenait pour sujet de son discours la Théorie mécanique de la chaleur, et après un savant exposé du théorème des forces vives et de ses conséquences les plus remarquables, il s'écriait devant ses auditeurs étonnés : « Je n'ai rien dit depuis le commencement de cette séance, qui n'appartienne autant à la chimie qu'à la physique (1) ».

C'est qu'en effet, il n'y a, entre les divers ordres de sciences, que des frontières de convention, destinées à disparaître et que, suivant le mot prophétique de Newton, tous les phénomènes de la nature recevront un jour leur explication des principes de la mécanique.

Ce progrès se réalise sous nos yeux ; j'espère en convaincre le lecteur par l'exposé qui suit des théories de la mécanique chimique.

I.

ÉTUDE HISTORIQUE.

C'est en 1780 que Lavoisier et Laplace publièrent leur grand mémoire sur la chaleur : ils avaient mesuré les quantités de chaleur que dégage « l'altération d'une once d'air pur par la combustion du charbon. »

Ces résultats étaient présentés avec la plus grande circonspection, « car, disaient les illustres mais trop modestes savants (2), nous ne pouvons trop insister sur cet objet, c'est

(1) *Œuvres de Verdet*, tome VII, page LXXX.

(2) *Œuvres de Lavoisier*, édition complète. Imprimerie impériale, 1862. Tome II, page 323.

moins le résultat de nos expériences que la méthode dont nous nous sommes servis, que nous présentons aux physiciens, en les invitant, si cette méthode leur paraît avoir quelque avantage, à vérifier ces expériences que nous nous proposons nous-mêmes de répéter avec le plus grand soin. »

Ils ne purent le faire avant les mois d'hiver de 1783 à 1784, car il leur fallait beaucoup de glace; cet hiver fut assez rigoureux pour leur permettre d'effectuer toutes leurs déterminations au moyen du calorimètre à glace qui porte leur nom.

Leurs expériences n'ont été publiées qu'en 1793; ils avaient brûlé du charbon de bois ordinaire et de bourdaine, du phosphore, de l'huile d'olives, de la cire, du suif et de l'éther sulfurique : enfin ils avaient fait détoner une poudre, composée d'une livre de salpètre avec 5 onces de charbon et une livre de soufre.

Il ne faudrait pourtant point que le nom de ces maîtres fît attacher trop de valeur à ce travail; leur calorimètre était imparfait, leurs résultats devaient manquer de précision. Mais, on doit admirer ici les merveilleuses intuitions du génie, en dépit des imperfections de leurs instruments, ils observèrent que la chaleur absorbée dans la décomposition d'un corps est égale à la chaleur dégagée lors de sa formation : cette vérité nous paraît presque aujourd'hui une sorte d'axiome évident par lui-même; encore fallait-il le formuler, et en vérifier expérimentalement l'exactitude.

D'où provenait pour eux la chaleur dégagée dans les combinaisons? Ils l'expliquent (1) :

« L'air pur (l'oxygène), l'air fixe (l'acide carbonique) et généralement tous les airs et toutes les vapeurs doivent leur état aériforme à la grande quantité de chaleur qui y est combinée; l'air pur paraît surtout la renfermer en grande abondance; il l'abandonne presqu'en entier lorsqu'il passe à l'état concret dans la calcination des métaux et dans la combustion du soufre et du phosphore, etc.; mais il en retient une partie considérable dans l'état d'air fixe. »

(1) Loc. cit., pages 324 et 325

L'idée qu'ils se forment du calorique est fausse, mais elle leur suffit pour expliquer un autre fait remarquable qu'ils ont découvert, à savoir, que certaines décompositions développent de la chaleur : « On peut concevoir ainsi le phénomène de la détonation du nitre ; l'air pur renfermé dans cette substance s'y est combiné sans un dégagement très sensible de chaleur ; il doit par conséquent occasionner un froid peu considérable en reprenant son état aériforme ; à mesure qu'il le reprend, la base de l'air fixe que contient le charbon s'en empare et le convertit en air fixe ; il doit donc se développer dans cette circonstance une quantité de chaleur à peu près égale à celle qui se dégage dans la combinaison directe du charbon avec l'air pur. »

Étant admis que la chaleur est un élément que les corps perdent en changeant d'état ou en se combinant, l'explication est rigoureusement exacte ; qu'on en rajeunisse l'expression, et elle pourra être conservée. C'est ainsi que Sadi Carnot énonçait en 1824 le deuxième principe de la Thermodynamique dans l'hypothèse de la matérialité du calorique ; et que nous gardons encore sa formule !

Cependant Humphry Davy, maître du potassium et du sodium, formulait une théorie nouvelle au commencement de ce siècle, pour expliquer le dégagement de la chaleur dans les combinaisons chimiques : puisque les corps se séparent par des forces électriques, pensait-il, c'est aussi par des forces électriques qu'ils sont unis : la chaleur et la lumière ne seraient que les circonstances ordinaires des phénomènes électriques.

Le mémoire dans lequel il exposait ces idées eut un immense succès, et l'Académie des sciences de France couronnait le savant anglais à l'heure même où le blocus continental marquait le début d'une lutte acharnée entre les deux nations.

Bientôt la théorie du chimiste Davy fut elle-même trouvée incompatible avec certaines données de la physique ; le physicien Ampère édifia alors une théorie ; mais à leur tour les chimistes ne purent l'admettre, et cela fit naître la théorie de Berzélius.

Berzélius considère les corps simples comme associés à des électricités différentes ; dans l'acte de la combinaison de deux corps, les deux électricités de nom contraire venant à se combiner, dégagent de la chaleur : c'est la nouvelle théorie électro-chimique.

Elle régnait en 1825, et guida les premières recherches de la Thermochimie. On se borna d'abord à déterminer les chaleurs de combustion : le comte Rumford, puis Welter, employèrent de simples calorimètres incapables de recueillir toute la chaleur dégagée ; les résultats de leurs expériences devaient être et furent trop faibles.

Despretz fit construire une chambre à combustion plus parfaite, soutenue au milieu d'un grand calorimètre à eau ; les gaz de la combustion traversaient un serpentin et n'étaient abandonnés qu'après refroidissement complet.

Ce même appareil fut employé par Dulong pour déterminer la chaleur de combustion de l'hydrogène, de l'éthylène, de l'oxyde de carbone et de plusieurs métaux : par malheur, on n'a que peu de détails sur ces expériences qu'une mort prématurée vint interrompre. On retrouva dans son laboratoire la partie interne du calorimètre entièrement démontée, et dans ses papiers des chiffres que M. Cabart a recueillis avec le plus grand soin et publiés dans les *Annales de Chimie et de Physique,* en 1843.

Le résultat le plus considérable des travaux de Dulong a été de constater que le protoxyde d'azote dégage de la chaleur en se décomposant : il découvrit ce curieux phénomène en faisant brûler du charbon dans l'oxygène et dans le protoxyde ; bien que le résultat final soit toujours de l'acide carbonique, le protoxyde dégage, pour chaque équivalent, 9 calories de plus que l'oxygène.

Mais la détermination des chaleurs de combustion n'est, pour ainsi dire, qu'une introduction à la Thermochimie : on peut, il est vrai, en déduire les chaleurs de formation des composés, mais il est néanmoins indispensable de déterminer directement les quantités de chaleur dégagées dans les réactions chimiques.

Ce travail fut commencé en divers pays.

M. Hess, de St-Petersbourg (1), entreprit d'abord des recherches sur les quantités de chaleur dégagées dans les combinaisons. Andrews (2) mesura la chaleur développée par l'union des acides et des bases, et les variations de température qui accompagnent les substitutions basiques : ces mêmes questions occupèrent Graham (3).

Ils opéraient tous par la méthode des mélanges : les réactifs dissous préalablement et portés à des températures égales, étaient mêlés dans un vase de verre, de laiton doré ou de platine, soigneusement isolé et protégé contre le refroidissement externe ; Graham agitait par un cylindre creux de palladium, Andrews par le thermomètre même qui lui indiquait la température du mélange au vingt-cinquième de degré Réaumur. Tous ces travaux témoignent déjà d'un grand progrès dans la voie des mesures thermiques.

En 1843, quelques années après la mort de Dulong, MM. Favre et Silbermann (4) entreprirent une étude d'ensemble de tous les phénomènes, et ils commencèrent par une révision des travaux antérieurs.

Ils déterminèrent d'abord avec le plus grand soin la chaleur de combustion du charbon, sous ses divers états, adamantin, graphitoïde et amorphe, et profitant d'une découverte de MM. Dumas et Stas, ils dosèrent l'oxyde de carbone mêlé à l'acide carbonique : la chaleur de combustion de ce gaz devait évidemment être ajoutée à celle qu'avait dégagée la transformation du charbon par sa combustion incomplète. Cette formation simultanée de produits divers de combustion se présente dans la plupart des cas : ils en tinrent compte et firent connaître exactement les chaleurs de combustion d'un grand nombre de corps simples et de composés organiques.

(1) *Annales de chimie et de physique*, 2e série, tome LXXIV, p. 325.

(2) Ibidem, 3e série, tome IV, p. 316, 1842, et tome XIV, p. 68, 1845.

(3) Ibidem, 3e série, tome VIII, p. 151, 1843, et tome XIII, p. 183, 1845.

(4) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences* dès 1843, et *Annales de chimie et de physique*, 3e série, tomes XXXIV, XXXVI, XXXVII, etc.

Une partie de ces recherches fut exécutée dans un calorimètre en laiton platiné, très bien étudié pour éviter toute déperdition, protégé contre le rayonnement par une enveloppe de peau de cygne. Mais cet appareil ne convenait plus aux essais pour lesquels on ne dispose que d'une faible quantité de matière : MM. Favre et Silbermann imaginèrent alors un calorimètre à mercure, sorte de thermomètre dans le réservoir duquel s'opèrent les réactions chimiques, véritable *thermomètre à calories*, qui permet de lire le nombre de calories dégagées, et mesure très exactement les plus faibles quantités de chaleur. Cet appareil fort connu a rendu les plus grands services à la science, et d'habiles opérateurs l'emploient encore, malgré les critiques dont il a été l'objet.

Ainsi furent mesurées les chaleurs spécifiques et latentes des corps solides, liquides et même gazeux, sous diverses pressions; les chaleurs de dissolution des corps dans leurs dissolvants; les chaleurs dégagées dans les réactions les plus diverses, notamment dans les doubles décompositions des sels. De ces travaux est sortie la Thermochimie. L'étude systématique poursuivie patiemment par les deux savants, a permis d'analyser les influences nombreuses qui s'exercent dans cet ordre de phénomènes. De leur complexité même ressort l'impossibilité de découvrir des lois simples; et c'est peut-être là le dernier mot de cette science.

Cependant la théorie mécanique de la chaleur avait fait de grands progrès; le principe de l'équivalence du travail et de la chaleur indiquait un rapport nécessaire entre le travail de l'affinité chimique et la chaleur dégagée dans les combinaisons.

N'est-on pas en droit de considérer l'action chimique comme un travail moléculaire? Les atomes mis en présence se précipiteraient les uns sur les autres au moment de la combinaison, en vertu d'une attraction réciproque, se rencontreraient avec choc, et la chaleur dite de combinaison ne serait autre chose que l'équivalent de la force vive disparue; elle serait le produit immédiat de l'affinité chimique, ainsi

que l'électricité qui l'accompagne toujours ; ces deux phénomènes sont en effet conversibles tous deux réciproquement en travail mécanique.

Les phénomènes chimiques acquièrent dès lors une signification nouvelle, si on les étudie au point de vue thermique, et pour les comprendre il faut remonter aux principes de la mécanique ; pour en formuler les lois générales, il est nécessaire de leur appliquer les théorèmes du travail et des forces vives. L'étude de ces lois constitue la mécanique chimique.

C'est à M. Berthelot que sont dus les immenses progrès de cette science nouvelle. Depuis 1865 une longue série de communications et de mémoires publiés (1) dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie* et dans les *Annales de Chimie et de Physique* a établi les principes fondamentaux de cette théorie et déterminé un nombre considérable de données numériques.

M. Berthelot opère les combustions dans une chambre en verre, munie d'un serpentin extérieur soudé latéralement ; cette chambre, presqu'entièrement immergée dans l'eau du calorimètre, reçoit les gaz par deux tubes de verre concentriques, à l'extrémité desquels on peut adapter un ajutage de platine. La transparence de l'appareil permet de suivre des yeux la marche de la combustion ; les tubulures qui

(1) Voici, par ordre de date, les principaux mémoires insérés aux *Annales de chimie et de physique :*

1865. — Sur la chaleur dégagée dans les réactions chimiques, 4e série, tome VI, page 292.

Id. — Sur les quantités de chaleur dégagées dans la formation des composés organiques, 4, VI, p. 329.

Id. — Sur la chaleur animale, 4, VI, p. 442.

1869. — Nouvelles recherches de thermochimie, 4, XVIII, p. 5.

1873. — Recherches calorimétriques sur l'état des corps dans les dissolutions, 4. XXIX, p. 94, 289 et 433.

1875. — Sur les principes généraux de la thermochimie, treize mémoires, 5, IV, p. 5, 141, etc.

Id. — Sur les oxydes de l'azote, 5, VI, p. 145.

Id. — Sur quelques problèmes de mécanique moléculaire, 5, VI, p. 433.

émergent sont peu conductrices, ce qui réduit au minimum les pertes dues au rayonnement; enfin l'instrument est parfaitement approprié au but, et peu coûteux.

Pour l'étude de la chaleur dégagée dans les réactions chimiques, le même savant emploie un calorimètre à mélanges en platine ou en verre, muni d'un couvercle; ce calorimètre, parfaitement isolé, est enfermé dans une double enceinte d'air et d'eau, entourée elle-même extérieurement d'une garniture de feutre, de telle sorte que la correction relative au refroidissement soit entièrement supprimée, pour une expérience dont la durée ne dépasse pas deux ou trois minutes. Les liqueurs sont jaugées, titrées, puis disposées plusieurs jours à l'avance dans une pièce abritée du soleil; la température commune et très constante de tous les objets est relevée par un thermomètre qui donne le deux-centième de degré. Cet instrument est parfait, d'une manipulation facile, et d'un prix abordable, attendu que le calorimètre de platine de 75 grammes, contenant 6 décilitres, ne coûte que 450 francs.

Ces deux derniers appareils et le calorimètre à mercure de MM. Favre et Silbermann ont été employés par MM. Abria, Troost, Hautefeuille et Ditte pour effectuer des déterminations nombreuses, qu'on trouve mentionnées dans les Tableaux des principales données numériques relatives à la Thermochimie, insérés par M. Berthelot dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* (1877).

Ces tableaux nous présentent la Thermochimie comme une science française, et l'étranger peut nous envier les travaux du savant professeur du Collège de France et de ses collaborateurs. Seul un professeur de l'Université de Copenhague, M. Thomsen, a suivi la voie (1), vérifiant souvent les résultats acquis, en rectifiant quelques-uns, et contribuant certes pour une grande part à l'établissement de la théorie thermochimique, sans y apporter toutefois la largeur

(1) *Annales de Poggendorf*, tomes CXXXVIII et CXLIII, et *Annales de chimie et de physique*, 4e série, tome XXVII, page 503, 1874.

de vues, la rectitude d'appréciation et la précision qui caractérisent les travaux de M. Berthelot.

Il est à prévoir du reste que les théories de mécanique chimique occuperont encore plus d'un savant, car les difficultés de l'œuvre sont immenses, et les phénomènes sont soumis à des perturbations si nombreuses qu'il est impossible encore de comprendre tous les faits dans des lois, simples corollaires des principes généraux de mécanique, dont l'application préside à la thermochimie.

II.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE MÉCANIQUE CHIMIQUE.

En dehors de toute question de doctrine les chimistes sont d'accord pour admettre que la force chimique réside dans les atomes des corps (1).

Si la nature intime de cette force nous échappe, nous la connaissons néanmoins par une de ses manifestations; car l'expérience a révélé depuis longtemps qu'il se dégage de la chaleur lorsque l'affinité de deux atomes est satisfaite par leur combinaison.

Cette chaleur peut être attribuée aux transformations de mouvement qui accompagnent la réunion en molécules des atomes hétérogènes de masses différentes. La force vive excédante après la combinaison donne naissance à un mouvement particulier des molécules, dont le résultat constitue pour nous l'impression de chaleur.

Une molécule composée est donc un assemblage d'atomes opéré avec transformation de force vive en une quantité de chaleur équivalente.

Réciproquement, pour ramener ces atomes à l'état de

(1) La Mécanique chimique a été créée entièrement par M. Berthelot; je me suis efforcé, dans les pages qui suivent, de résumer la doctrine du maître.

liberté, il faudra leur restituer cette force vive, ou son équivalent en chaleur; pour détruire la combinaison, il faudra donc lui fournir juste autant de chaleur qu'elle en avait donné en se formant, ainsi que l'avait découvert Lavoisier, si toutefois il n'y a pas eu d'autre transformation simultanée de chaleur en travail, ou inversement, c'est-à-dire s'il n'y a pas eu d'autre travail produit qu'un travail d'affinité : cette restriction, d'une importance majeure, n'a pas été faite par Lavoisier; elle correspond à un théorème bien connu de mécanique.

Les travaux effectués en dehors du travail chimique proprement dit peuvent être de nature diverse : et d'abord ce seront des travaux mécaniques, tels que la mise en mouvement d'un corps étranger à la réaction, ou bien le déplacement du point d'application d'une force extérieure, en sens contraire de sa direction. Souvent facile à évaluer, ce travail sera exprimé en kilogrammètres, et partant en calories; pour chaque kilogrammètre produit il faudra conclure à la disparition d'un quatre-cent-vingt-cinquième de calorie. Ce travail ne pourra être négligé, quand la réaction sera accompagnée d'une dilatation, d'une détente, d'une variation de volume quelconque, ou encore de la projection d'une masse. Dans ces cas, la disparition de chaleur est assez considérable; c'est ce qui a permis d'observer depuis longtemps qu'une arme à feu tirée à blanc s'échauffe plus vite que lorsqu'elle lance au loin un projectile, en subissant elle-même un violent recul.

Mais la composition ou la décomposition chimique est accompagnée le plus souvent d'un autre travail, le travail physique, qui modifie la cohésion, travail moléculaire de dissolution, de dilatation, de fusion, de vaporisation; cette dépense de force vive peut encore être évaluée, car nous en savons le prix en chaleur, par la connaissance des chaleurs latentes.

L'influence de ces travaux intérieurs n'est pas moindre que celle des travaux extérieurs, et de ce chef la manifes-

tation thermique concomitante de l'action chimique peut quelquefois être grandement modifiée, voire même changée de signe.

Les phénomènes de dissolution surtout interviennent puissamment dans le résultat final, ainsi qu'on le voit par exemple dans l'action de l'acide azotique sur le sulfate de potasse, qui dégage 5,9 calories ou en absorbe 3,8 suivant que l'acide et le sel sont concentrés et secs, ou dilués dans un litre d'eau.

C'est encore par suite de l'intervention étrangère des forces physiques que les chaleurs de formation de l'eau et de l'hydrogène sulfuré ne sont point comparables; le premier composé liquide résultant de la combinaison de deux gaz, le second gazeux, produit de l'union d'un gaz et d'un acide.

Les conditions diverses dans lesquelles s'effectuent les combinaisons ont donc pour résultat de faire varier notablement les quantités de chaleur dégagées par le fait de la combinaison atomique : elles doivent par conséquent être observées soigneusement, et leur effet calculé avec la plus grande rigueur, si on veut obtenir un résultat qui ait quelque sens.

Pour déterminer l'équivalent thermique des affinités, le chimiste éliminera donc l'action de tous les phénomènes concomitants, absolument comme font les physiciens, quand ils s'efforcent de fixer la valeur de l'équivalent mécanique de la chaleur : nul détail ne sera négligeable. N'a-t-on pas vu M. Joule, le savant physicien de Manchester, chercher longuement quel était le travail nécessaire pour produire une note sur une corde de violoncelle, parce que cette note était rendue par les cônes de frottement sur lesquels il expérimentait pour déterminer le rapport de la chaleur produite au travail dépensé? Cette nécessité absolue de dégager le phénomène chimique des phénomènes simultanés sera toujours l'un des plus grands obstacles qui entraveront les progrès de la mécanique chimique : cet obstacle pourra même rester quelquefois insurmontable; je n'en veux citer pour

exemple que le charbon; le travail dû *réellement* aux affinités chimiques mises en jeu dans la combustion du carbone par l'oxygène nous sera toujours inconnu, si nous ne déterminons d'abord sa chaleur de fusion et de volatilisation.

Il ressort des considérations importantes qui précèdent que la quantité de chaleur dégagée dans une réaction mesure la somme des travaux chimiques, augmentée ou diminuée des travaux mécaniques et physiques accomplis en même temps, suivant le sens dans lequel ils s'effectuent.

En d'autres termes, la chaleur totale dégagée dans la réaction est la somme algébrique des quantités de chaleur dégagées dans chacune des phases de transformation physique ou chimique dont se compose la réaction finale : la somme peut être positive ou négative, c'est-à-dire que la réaction peut dégager ou absorber de la chaleur.

Un exemple simple permettra de saisir sans peine la portée de cette observation; analysons les phénomènes qui se produisent dans la dissolution d'un équivalent de zinc dans l'acide sulfurique étendu.

L'eau est décomposée par le métal : l'hydrogène se dégage en *absorbant* une quantité de chaleur A ; l'oxygène se porte sur le zinc qu'il oxyde en *dégageant* B de chaleur; enfin l'oxyde de zinc se dissout dans l'acide en *dégageant* C calories. Mais l'hydrogène, mis en liberté, entraîne une certaine quantité de vapeur d'eau dont la volatilisation a coûté de la chaleur. Il sera possible d'évaluer cette chaleur en calories, si on jauge le volume du gaz, en tenant compte de la température de l'acide et de l'air ambiant, de la hauteur barométrique et de la tension maximum de la vapeur : soit D la quantité de chaleur *absorbée* de ce chef.

Si A + D est plus grand que B + C, la réaction se fera avec dégagement de chaleur, elle sera *exothermique*, d'après l'heureuse expression de M. Berthelot : c'est le cas que présente le zinc. Elle pourrait être *endothermique*, c'est-à-dire accompagnée d'absorption de chaleur; tel est le cas de la réaction entre l'acide chlorhydrique dissous et le sul-

fate de soude; entre les acides étendus et un bicarbonate dissous; entre le chlorure de silicium et l'alcool.

L'examen de ces divers cas, choisis parmi les plus simples, élucide la théorie présentée ci-dessus, et il nous permet d'apprécier d'autre part le progrès immense réalisé en chimie par l'introduction de ces considérations mécaniques. Des lois mathématiques se substituent aux énoncés vagues qui avaient cours autrefois. La chaleur dégagée dans les réactions mesurait pour les anciens chimistes cette chose indéfinissable qu'ils appelaient l'affinité; pour nous elle mesure la somme des travaux des forces intérieures et extérieures, et nous en déduisons correctement, en analysant le phénomène, le travail des affinités, et la chaleur atomique de combinaison.

Si la somme des travaux extérieurs est négligeable, et que nous considérions la série des actions chimiques isolées qui concourent à la formation du produit final, il est évident que la quantité de chaleur dégagée dans cette série de transformations est la somme des quantités de chaleur dégagées dans chaque transformation isolée. Qu'on fasse, par exemple, la somme des quantités de chaleur dégagées en brûlant du carbone pour former d'abord de l'oxyde de carbone, puis en brûlant cet oxyde à son tour pour le transformer en acide carbonique; cette somme des chaleurs développées en deux opérations est égale à la chaleur dégagée par la formation de l'acide carbonique en une seule combustion. Il en résulte cette loi, qui est le fondement de la théorie mécanique de l'affinité :

Si l'on opère deux séries de transformations entre les mêmes états initial et final, sans donner lieu à aucun travail extérieur au système, la quantité de chaleur absorbée ou dégagée par l'effet des changements chimiques dépend uniquement de l'état initial et de l'état final : elle est indépendante de la nature et de l'ordre des états intermédiaires.

C'est le principe de l'*équivalence calorifique des transformations chimiques :* il en résulte des conséquences ex-

trêmement importantes sur lesquelles est basée la méthode la plus générale de recherche en thermochimie.

Supposons en effet que nous opérions deux séries de transformations, à partir de deux états initiaux différents; pour aboutir à un même état final : quelle différence y aura-t-il entre les quantités de chaleur dégagées dans les deux cas? Il n'y en aurait point, si nous étions partis du même état initial, quelle que soit la voie suivie; mais dans notre cas il y en aura une, puisque les points de départ ne sont pas identiques, et cette différence sera précisément la quantité de chaleur dégagée dans le passage du premier état initial à l'autre.

Appliquons ce procédé.

La combustion du gaz des marais par 8 équivalents d'oxygène dégage 210 calories; l'état final est celui-ci : deux équivalents d'acide carbonique, et quatre équivalents d'eau, suivant la formule

$$C^2H^4 + 8O = 2CO^2 + 4HO$$

Partons d'un état initial différent :

$$2C + 4H + 8O$$

et provoquons la combustion; le résultat final sera le même; or, la combustion de 2C par 4O dégage 94 calories; celle de 4H par 4O, 138 calories; soit en tout 232 calories. La différence de 22 calories est la quantité de chaleur dégagée dans le passage d'un état initial $2C + 4H + 8O$ à l'autre $C^2H^4 + 8O$; en d'autres termes, c'est la chaleur de formation du gaz des marais.

J'emprunte un autre exemple à un travail de MM. Troost et Hautefeuille (1). Ces savants chimistes se proposaient de déterminer la chaleur de formation de l'acide silicique, projet dont la réalisation eut été impossible par les procédés

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, tome LXX, p. 185 et 252.

ordinaires. Ils y réussirent en instituant deux séries d'expériences conduisant au même état final, à partir d'états initiaux différents. Opérant dans le calorimètre à mercure, ils attaquèrent d'abord le silicium amorphe par le chlore, recevant le chlorure formé dans l'eau, d'où résulte de la silice et de l'acide chlorhydrique ; puis ils firent réagir sur l'eau le chlorure acide déjà formé. La différence des chaleurs dégagées dans les deux opérations représente la chaleur de combustion du silicium amorphe, si l'on a soin toutefois de décompter les chaleurs de dissolution de l'acide chlorhydrique et d'hydratation de la silice.

Cette méthode, tout à fait générale, a permis à M. Thomsen d'effectuer des oxydations dans le calorimètre au moyen de l'acide hypochloreux ou d'un permanganate ; à M. Berthelot de calculer les chaleurs de formation des composés organiques depuis leurs éléments, carbone-diamant, hydrogène, oxygène et azote ; il suffisait de connaitre préalablement les chaleurs de combustion de ces éléments. Ce dernier savant étudie de même la formation des aldéhydes et des acides organiques par oxydation, en partant des carbures d'hydrogène, ou des alcools.

Au lieu de partir de deux états initiaux différents pour aboutir au même état final, il est parfois plus aisé de prendre un même état initial pour point de départ : l'opération est renversée, mais le principe reste le même.

C'est encore en appliquant le principe de l'équivalence, que M. Berthelot a pu élucider le problème intéressant des variations de la chaleur de combinaison avec la température. La solution en est simple ; mais quel que soit le charme que l'on éprouve à suivre pas à pas, de déductions en déductions, cette théorie qui nous donne la clef des phénomènes chimiques les plus obscurs, il faut se borner dans un travail tel que celui-ci, et nous passons sans transition à un dernier principe, le plus fécond de tous, auquel M. Berthelot a été conduit (1) non par des raisonnements *a priori*,

(1) *Annales de chimie et de physique*, 5e série, t. IV, p. 53.

mais par la comparaison et la discussion d'une multitude d'expériences.

Il s'agit du principe du *travail maximum*.

Tout changement chimique, accompli sans l'intervention d'une énergie étrangère, tend vers la production du corps qui dégage le plus de chaleur.

On explique, on développe ce théorème, on l'éclaire par des comparaisons; je n'en ai vu de démonstration nulle part, si ce n'est par l'expérience; mais les confirmations en sont nombreuses.

Le bioxyde d'azote, en s'unissant avec un équivalent d'oxygène, forme l'acide azoteux; avec deux équivalents, l'acide hypoazotique; en dégageant dans le premier cas 10 calories, et dans le second 17; or, c'est toujours le second composé qui se produit en présence d'un excès d'oxygène.

L'étain dégage 36,9 calories en formant son protoxyde, 72,7 en passant à l'état de bioxyde; or, l'acide stannique prend seul naissance dans les réactions.

Ce théorème a une importance considérable en thermochimie : son énoncé est simple, il paraît d'une généralité absolue, et pourtant son application correcte est parfois très délicate. Le théorème n'est vrai que si toute énergie étrangère est écartée, énergie chimique, électrique, magnétique, lumineuse et mécanique.

Le lecteur demandera peut-être ce qu'est l'énergie chimique, électrique, etc. (1)?

C'est le savant anglais M. Rankine qui a fait adopter en mécanique le mot d'énergie, et cette initiative a eu un grand succès; car le succès peut accompagner un mot, aussi bien qu'une théorie. M. Rankine a nommé énergie *actuelle* d'un système, à un instant donné, la demi-somme des forces vives de ses points : cette somme, augmentée d'une certaine fonction des coordon-

(1) Il a déjà été répondu à cette question dans cette Revue même par un exposé très clair du principe de la conservation de l'énergie, qu'on trouvera tome 1er, p. 533, *L'aveuglement scientifique*, par le R. P. Carbonnelle.

nées, est une quantité constante appelée l'énergie *totale* du système. La fonction complémentaire étant, à chaque instant, égale au travail maximum que les forces peuvent effectuer à partir de cet instant, a reçu le nom d'énergie *potentielle*. Telle est la définition mécanique de l'énergie : elle est pour quiconque a étudié les principes de la dynamique, d'une clarté, d'une précision mathématique.

En dirons-nous autant des définitions que l'on donne souvent de l'énergie en langage courant? Balfour Steward (1), s'aidant de l'exemple d'un fusil chargé à balle, définit l'énergie « le pouvoir de la balle de vaincre de la résistance, ou d'accomplir du travail. » Cela n'expliquera guère ce qu'est l'énergie chimique et lumineuse.

L'auteur de l'article *Chaleur* du Dictionnaire de chimie pure et appliquée de M. Wurtz, écrit : « L'énergie sera pour nous ce qui se conserve quand les agents naturels s'échangent. » C'est très exact, peut-être, mais je craindrais encore que ce mot d'énergie, dont on use tant aujourd'hui, ne restât une énigme pour bien des lecteurs : c'est ce que pensait un de nos chimistes les plus distingués qui a longtemps refusé de se servir du mot.

L'énergie chimique est de l'énergie potentielle ; c'est de la force vive virtuelle, qui peut se transformer et devenir de la chaleur, de l'électricité, de la lumière, du mouvement ; mouvement oscillatoire des dernières particules, et mouvement de translation. Cette force vive virtuelle devient actuelle, d'une nature déterminée ; la somme totale reste constante. Je dirai dès lors que l'énergie est ce quelque chose qui se transforme et se conserve toujours.

Écarter toute énergie étrangère d'un changement chimique, c'est exclure du phénomène toute force vive, qu'elle soit virtuelle ou actuelle ; en d'autres termes, c'est abandonner la réaction à ses seules forces, en dehors de toute influence physique et mécanique, en dehors même de toute

(1) *La conservation de l'énergie*, Germer-Baillière, 1876, p. 14.

action chimique consécutive, susceptible de former un équilibre nouveau.

Telles sont les conditions précises où le théorème du *travail maximum* est applicable, et où son emploi est légitime : par ce théorème, « la prévision des phénomènes chimiques se trouve ramenée à la notion purement physique et mécanique du travail maximum accompli par les actions moléculaires. »

III.

RÉACTIONS ENDOTHERMIQUES.

La thermochimie est renfermée dans les principes généraux qui précèdent ; mais elle est basée d'autre part sur des données numériques fort nombreuses, fruit de plus de trente ans de travail des plus habiles expérimentateurs.

Nous ne reproduirons pas ici les tableaux synoptiques qui résument leurs découvertes, et dont la discussion, utile pour les praticiens, serait longue, difficile et très aride.

Je me bornerai à étudier une classe de phénomènes singuliers, qui pourraient sembler paradoxaux après ce qui précède : je veux parler des combinaisons qui se font avec absorption de chaleur.

Nous avons vu l'expérience d'accord avec la théorie pour affirmer que toute formation de molécule, à partir de ses éléments atomiques, doit donner lieu à un dégagement de chaleur, à moins qu'il ne produise simultanément un travail étranger dont l'équivalent calorifique est supérieur.

Dans ce dernier cas l'effet thermique final peut être positif, nul ou négatif, suivant l'état particulier des corps réagissants. Plusieurs exemples en ont déjà été cités : ajoutons-y celui de l'acide iodhydrique, qui dégage 13,2 calories s'il se forme à l'état de dissolution, ou en absorbe 0,8, s'il se forme à l'état gazeux, à partir de l'iode gazeux : nous avons la clef de ces différences.

Il existe cependant un certain nombre de réactions simples, qui semblent infliger un démenti au principe général de la nécessité du dégagement de chaleur dans la formation de la molécule composée. Pour les énumérer toutes il faudrait de longues recherches; je ne citerai que les suivantes :

L'eau oxygénée, les composés oxygénés de l'azote et du chlore, le chlorure d'azote, l'acide permanganique, l'oxalate d'argent, le gaz oléfiant, l'acétylène, le cyanogène, le sulfure de carbone, l'acide formique, et les éthers.

Comment expliquer que la formation directe de ces combinaisons entraîne une absorption de chaleur?

Une étude préalable des propriétés de ces corps nous permettra du moins de nous rendre un certain compte de ce mystère.

Un grand nombre de réactions s'effectuent spontanément, par la seule énergie de leurs éléments, sans le concours d'aucun travail étranger : telle est l'action du chlore sur les métaux, de l'oxygène sur les métaux alcalins, de l'acide chlorhydrique sur l'ammoniaque. Quelquefois, il est vrai, la réaction a besoin d'être aidée; ainsi l'hydrogène et l'oxygène ont besoin du rouge sombre pour se combiner; ou bien il faut les mettre en présence de la mousse de platine; ou encore y faire jaillir une étincelle. Mais le travail étranger qui intervient dans ces divers cas n'est point en proportion avec le travail considérable effectué dans la réaction; car une faible étincelle fait détoner un mélange d'un million de mètres cubes aussi bien que les quelques centimètres cubes contenus dans le pistolet de Volta. Il n'y a là aucune relation de cause à effet; le travail correspondant à l'explosion de l'étincelle est à l'effet total, ce qu'était, dans les travaux du général Newton à Hell Gate, la pression du doigt de sa petite fille à l'explosion formidable qui a soulevé 120 millions de kilogrammes de rocher.

Mais il n'en est pas de même de toutes les réactions. Faisons jaillir, dans un ballon plein d'hydrogène, l'arc voltaïque d'une pile de 40 éléments, entre deux crayons de charbon :

le chlorure de cuivre ammoniacal nous révèlera bientôt, en prenant une teinte rouge, qu'il se forme dans le ballon un composé nouveau, l'acétylène. Or, si nous suivons la formation de ce produit, nous constaterons qu'elle n'est pas instantanée, mais que la quantité d'acétylène produite est proportionnelle au temps et à l'intensité du courant. L'arc voltaïque n'est plus simplement, comme ci-dessus, un agent provocateur qui entraîne la réaction ; c'est un agent actif, nécessaire, qui fournit par son travail l'énergie indispensable aux atomes de carbone et d'hydrogène pour se combiner.

Ces deux réactions diffèrent donc étrangement l'une de l'autre dans le jeu des affinités qui leur donnent naissance; au point de vue thermique, la différence est plus grande encore.

Dans le premier cas, la combinaison se produit en totalité; conformément au principe du travail maximum, elle est accompagnée d'un dégagement de chaleur. Au contraire dans le second cas, elle ne se produit pas, parce qu'elle donne lieu à une absorption de chaleur. L'eau en se formant dégage 34 calories environ, l'acétylène ne se produit qu'avec absorption de 32 calories.

Ce fait est général : une combinaison formée avec absorption de chaleur ne se fait pas d'elle-même, elle exige un travail : ce travail sera une énergie étrangère quelconque. Souvent, il suffira d'une réaction chimique simultanée qui produira un grand dégagement de chaleur ; ce sera alors l'énergie thermique qui opèrera le travail, comme il arrive dans les cas suivants : l'eau oxygénée qui se forme en même temps que du chlorure de baryum, lorsqu'on traite le bioxyde de baryum par l'acide chlorhydrique ; le chlorure d'azote qui se produit en même temps que du chlorhydrate d'ammoniaque, dans l'action du chlore sur l'ammoniaque ; enfin le chlorate de potasse qui prend naissance en même temps que du chlorure de calcium, dans la réaction du chlore sur la dissolution alcaline.

La formation du protoxyde d'azote est encore due à une

énergie étrangère, énergie thermique fournie par le foyer sur lequel on opère la décomposition de l'azotate d'ammoniaque. Le même composé, qu'on n'a encore pu produire par l'union directe de ses éléments, prend aussi naissance dans la réaction de l'acide azotique sur le zinc ou l'étain ; il se forme de plus un azotate, avec un dégagement de chaleur supérieur à l'absorption qui accompagne la combinaison des atomes d'azote et d'oxygène.

M. Berthelot a opéré de même la synthèse de l'acide formique, en chauffant pendant 100 heures de l'oxyde de carbone en présence de potasse légèrement humectée ; c'est encore là une absorption réelle de l'énergie thermique du foyer. Cet emmagasinement d'énergie eût pu être plus lent, et durer six semaines à la température ordinaire : l'énergie est alors empruntée à l'air ambiant.

D'autres fois ce sera sous l'action de l'étincelle électrique que se formeront ces composés : les oxydes de l'azote dérivent tous de l'acide azotique, que l'on obtient, d'après Cavendish, en soumettant un mélange d'azote et d'oxygène à l'action du flux électrique.

Bref, une énergie étrangère concourt toujours à la formation des composés endothermiques. Ces combinaisons sont donc des édifices moléculaires élevés au prix d'un certain travail : elles sont caractérisées par un arrangement particulier des atomes.

Ces édifices peuvent être stables ; ainsi l'acétylène, formé avec absorption de 32 calories, est plus stable que le gaz des marais, qui en dégage 32 dans la réunion de ses éléments.

Il serait aussi faux de croire que les corps obtenus par une réaction endothermique se détruisent tous instantanément : l'acide formique se décompose en acide carbonique et hydrogène très lentement à 170°, plus rapidement à 260°, mais le phénomène n'est pas encore instantané à 300°.

Et pourtant la décomposition de tous les corps produits avec absorption de chaleur peut être spontanée, en vertu

même des principes énoncés plus haut ; car un système susceptible de dégager de la chaleur possède en lui l'énergie nécessaire pour accomplir ce changement sans aucune intervention étrangère.

Le dégagement de chaleur qui accompagne la destruction de ces combinaisons peut être facilement expliqué : il a fallu, en effet, développer du travail pour édifier ce composé ; ce travail a eu pour résultat de disposer côte à côte, pour ainsi dire, dans un état passif, des éléments qui ont entre eux une grande affinité ; ils coëxistent dès lors l'un près de l'autre sans que ces affinités soient satisfaites. Mais que cet échafaudage factice vienne à être ébranlé d'une manière ou d'une autre, il croule ; les liens qui retenaient les atomes dans cette position anormale sont détruits, et il se produit des actions complexes, par suite du jeu régulier des affinités. Dans l'azotite d'ammoniaque, il y aura une véritable combustion de l'hydrogène de l'ammoniaque par l'oxygène de l'acide azoteux, et il se formera de l'eau ; dans l'oxalate d'argent, l'oxygène de l'argent se portera sur l'acide oxalique et le transformera en acide carbonique.

Que faudra-t-il pour déterminer la destruction de l'édifice moléculaire, et pour permettre à ces affinités dont l'action était suspendue de se satisfaire ?

Il suffira d'une énergie étrangère quelconque, thermique, électrique ou mécanique. Un azotate se détruit sous l'action de la chaleur et fuse sur le charbon incandescent ; le chlorure d'azote détone sous le choc, l'iodure, sous le frottement des barbes d'une plume ; l'acide azoteux (1) fait explosion dans un tube auquel on fait rendre un son intense par une friction qui détermine une vibration longitudinale. De même une larme batavique se pulvérise quand on vient à en rompre la pointe effilée : c'est aussi un édifice moléculaire dont les éléments, figés par un refroidissement brusque, ont conservé des positions anormales.

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences.* Communication de M. Gernez, 24 juin 1878.

Mais il a fallu dépenser un travail pour former la combinaison ; de la chaleur a été absorbée, de l'énergie a été emmagasinée dans le corps ; cette énergie y réside à l'état potentiel. Dans la décomposition, elle redevient actuelle et se transforme en chaleur, de telle sorte que le dégagement de chaleur sera d'autant plus grand, toutes choses égales d'ailleurs, qu'il y aura eu plus de chaleur absorbée dans la combinaison chimique. On s'explique de la sorte pourquoi les produits nitrés de substitution tels que la nitrobenzine, le nitrotoluène, la nitronaphtaline dégagent moins de chaleur en se décomposant que les éthers nitriques, la nitroglycérine, le coton-poudre, et la nitromannite, parce qu'ils ont moins absorbé d'énergie dans leur préparation, ainsi qu'il ressort des travaux de MM. Troost et Hautefeuille (1).

Lavoisier avait déjà observé, ou du moins entrevu ce fait, ainsi que je l'ai rappelé au début de ce travail.

Si le dégagement de chaleur qui accompagne la décomposition du corps est brusque, s'il est considérable, s'il se produit en même temps un grand volume de gaz, il y aura explosion ; le composé se conduit alors comme la poudre. Dans la poudre de guerre, mélange plus ou moins intime de substances comburantes et combustibles, capables de réagir les unes sur les autres à une température déterminée, il y a une combustion subite qui développe de la chaleur et des gaz. Dans le phénol trinitré, qui a acquis une triste célébrité sous le nom d'acide picrique, les molécules hydrogène et oxygène sont aussi juxtaposées, mais le mélange est incomparablement plus intime que dans la poudre : un choc permet aux affinités de se satisfaire, une combustion interne se produit et le corps fait explosion. Dans la décomposition du chlorure d'azote il se forme encore une combustion, qui

(1) « Note sur les phénomènes calorifiques qui accompagnent la transformation de l'acide hypoazotique en acide azotique, et l'introduction de ces deux corps dans les composés organiques. » *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. Tome LXIII, 378.

développe plus de 5000 fois son volume de gaz (chlore et azote) et les élève à une température d'au moins 2000 degrés, s'il ne se produit aucun travail extérieur.

C'est ainsi qu'il faut entendre les phénomènes d'explosion, offerts par les corps formés avec absorption de chaleur : on comprend sans peine que les composés nitreux soient éminemment explosifs, et que parmi eux la nitroglycérine produise les explosions les plus redoutables.

IV.

APPLICATIONS PRATIQUES DE LA THERMOCHIMIE.

Après avoir exposé, d'après M. Berthelot, les principes généraux de la mécanique chimique, il nous reste à apprécier les services immenses que les théories thermochimiques peuvent rendre à la chimie.

Il semble, au début de toutes les sciences, qu'on doive trouver des lois générales. Le plus souvent les savants formulent de ces relations simples, cédant en cela à une tendance de l'esprit humain qui éprouve le besoin de généraliser, et se donne quelquefois plus de peine pour se dissimuler les écarts de la loi que pour les découvrir. M. de la Rive rapporte (1) que Dulong fut désolé de ne point trouver une loi simple des variations du pouvoir réfringent des gaz : « Je n'ai point de bonheur, disait-il ; Gay-Lussac n'a qu'à toucher un sujet pour trouver une loi. » Gay-Lussac attribuait en effet les écarts qu'il observait aux erreurs d'expérience, tant il croyait à la simplicité nécessaire des lois naturelles ; Dulong au contraire, observateur scrupuleux non moins qu'habile, découvrait les moindres écarts, parce qu'il les cherchait.

Les lois *absolues* ont disparu une à une de la physique : en reste-t-il une seule qui ait résisté au contrôle de M. Re-

(1) Notice sur Émile Verdet.

gnault? Je n'oserais l'affirmer. Or, les lois générales de la thermochimie ont subi les mêmes vicissitudes.

Dès 1822, Welter croyait voir que les corps en brûlant avec la même quantité d'oxygène dégagent des quantités de chaleur égales entre elles ou multiples les unes des autres.

Despretz indiquait avec plus de vérité que la quantité de chaleur dégagée par la combustion d'un corps est constante, quelle que soit la pression de l'oxygène dans lequel il brûle : cette loi est exacte, mais seulement à condition que les gaz ne possèdent aucune vitesse au moment de la combinaison.

Dulong avait cru entrevoir une relation simple entre les chaleurs spécifiques et les chaleurs de combinaison, loi que l'expérience ultérieure n'a point révélée.

Andrews et Hess formulaient en même temps deux lois contraires; ils avaient tort tous les deux, l'un affirmait que la quantité de chaleur dégagée pendant l'union des acides et des bases dépend uniquement de l'acide et non de la base; l'autre, qu'elle dépend uniquement de la base et non de l'acide.

Enfin M. Thomsen prétendait démontrer (1) en 1854 que le dégagement de chaleur dans les réactions chimiques est un multiple d'une constante commune : cette constante n'a encore pu être déterminée.

Somme toute, il n'existe aucune relation simple démontrée, et nous pouvons dire avec l'auteur de l'article « Thermochimie » du dictionnaire de M. Wurtz, que « l'étude nécessaire pour arriver aux lois générales est loin d'être achevée, et que la formule définitive n'est point encore trouvée. »

Tout au plus connaîtrions-nous quelques règles particulières, applicables à des séries de combinaisons : ainsi MM. Favre et Silbermann ont démontré, et M. Berthelot a vérifié que, dans les carbures se rattachant à la série grasse, chaque fois que les éléments du carbure $C^2 H^2$ entrent une fois de plus dans la construction d'un nouveau carbure isomère, la chaleur de combustion diminue de 37,48 calories.

(1) Les phénomènes de l'affinité d'après les multiples d'une constante commune. *Annales de chimie et de physique*, 4e série, XXVII, 503, 1874.

M. Thomsen a fait voir aussi que l'affinité des métalloïdes pour l'hydrogène, mesurée par la chaleur de formation des composés hydrogénés, diminue dans chaque famille à mesure que le poids atomique augmente. Les métalloïdes dont le poids atomique est élevé absorbent même de la chaleur en donnant naissance à l'acide iodhydrique et sélénhydrique. Cette relation peut éclairer d'un nouveau jour certains points obscurs de l'histoire des familles de métalloïdes.

Ces observations, et quelques autres qu'il conviendrait de citer dans une étude complète, présentent assurément un grand intérêt pour le chimiste ; la science pourtant n'en retirerait que peu de profit, si la thermochimie ne devait tendre qu'à formuler ces lois dont nous paraissons encore si éloignés. Mais il est une autre manière d'envisager cette science nouvelle : c'est de lui demander des éclaircissements sur le mécanisme des réactions chimiques, par la mesure des quantités de chaleur dégagées, en interprétant les nombreuses données expérimentales recueillies par M. Berthelot et ses collaborateurs.

Constatons d'abord que les chimistes disposent d'un nouveau moyen d'investigation.

La formation ou la destruction des corps est ordinairement révélée par des phénomènes physiques, changements de coloration, de densité, de solubilité, de chaleur spécifique, de pouvoir rotatoire ; mais l'observation des phénomènes thermiques est un nouveau moyen d'appréciation non moins sûr ; et en consultant le thermomètre, le chimiste peut suivre la marche de certaines réactions qui ne se trahissent par aucun autre signe extérieur.

C'est là un progrès d'une haute importance. Ainsi la polymérie n'est plus pour nous qu'un cas particulier de combinaison chimique : c'est qu'en effet elle est accomgagnée d'un dégagement de chaleur.

En 1819, M. Gartner de Thann découvrait l'acide racémique dans le tartre de vin, acide isomère de l'acide tartrique, mais dénué de pouvoir rotatoire : ce corps n'a plus été

retrouvé depuis lors, et la nature semble se refuser à le reproduire; mais M. Pasteur a démontré, le thermomètre en main, qu'il est le résultat de la combinaison de l'acide tartrique droit et de l'acide lévoracémique. De même, les deux acides camphoriques, droit et gauche, forment l'acide paracamphorique, d'après M. Chautard (1), avec dégagement de chaleur.

L'étude thermique du mode d'action de l'eau sur les sels a été extrêmement féconde en résultats. Loin d'être un simple dissolvant, l'eau peut s'unir chimiquement aux sels, aussi bien qu'aux acides et aux bases : elle décompose ces sels pour s'unir à leurs éléments, et, suivant les cas, un abaissement de température décèlera cette action décomposante, ou bien une élévation de température indiquera la formation de l'acide ou de la base.

Ces divers phénomènes sont devenus un moyen précis pour caractériser les acides forts et les acides faibles : les sels formés par ces derniers sont décomposés progressivement par l'eau qui les tient en dissolution, tandis que les sels des mêmes bases unies aux acides forts, résistent à cette action décomposante de l'eau. Ces résultats sont dus à MM. Thomsen et Berthelot.

Le thermomètre peut encore donner des renseignements précieux sur l'état de combinaison des acides et des bases mélangés dans une même dissolution, lorsqu'il n'y a pas de précipitation. Soit par exemple le mélange d'azotate et de sulfate de soude : pour Berthollet, il y a partage de chaque acide entre les bases, et de chaque base entre les acides, d'où quatre sels différents; cette conclusion de l'illustre chimiste est hypothétique, et elle a été combattue par M. Dumas, qui a donné la règle théorique suivante : « Dans une dissolution, tout demeurant dissous, les affinités fortes se satisfont, laissant les affinités faibles s'arranger entre elles. » Cette conclusion a été confirmée par l'étude thermique des

(1) *Mémoires de l'Académie de Stanislas.* Nancy 1863.

mélanges salins sans précipitation, et elle a pris une précision mathématique depuis que la force des acides et des bases a pu être mesurée par leur chaleur de neutralisation.

Nombre de phénomènes étaient restés des énigmes et reçoivent de la théorie thermique une explication simple : je voudrais pouvoir citer les renversements curieux d'affinités de l'acide chlorhydrique et de l'acide cyanhydrique suivant qu'ils sont dissous ou gazeux; mais il faut nous borner.

Voici du reste un résultat plus remarquable encore. La thermochimie permet en bien des cas de décider *a priori* de la nécessité ou de l'impossibilité d'une réaction : en effet, nous savons que toute réaction chimique, capable de donner lieu à un dégagement notable de chaleur, se produit nécessairement, sous la réserve toutefois qu'il soit tenu compte de l'état des corps en présence, et qu'il ne faille aucun travail préliminaire pour déterminer la réaction. Le principe est net, simple, précis; quoique son application puisse être quelquefois très délicate; mais voici des conclusions qui en découlent :

Une base hydratée en déplacera une autre de ses combinaisons salines, lorsqu'elle produira plus de chaleur par son union avec les mêmes acides.

Un acide en déplacera un autre, lorsqu'il produira plus de chaleur en s'unissant avec la même base.

Pour qu'une double décomposition soit possible il faut que le résultat total des diverses réactions chimiques effectuées simultanément soit un dégagement de chaleur, ou un phénomène équivalent.

Ces principes dominent les lois de Berthollet, et je souhaite qu'ils soient consignés dans les traités élémentaires sous cette forme, pour le plus grand bien des jeunes gens qui éprouvent quelquefois tant de peine à saisir le sens profond de ces lois. Par ces principes, les doubles décompositions salines, les déplacements réciproques des métaux, les réactions de l'oxygène et du chlore sur l'hydrogène et les métaux, l'action du chlore sur les iodures et les bromures,

l'action des métaux sur les acides, en un mot toute la chimie répond à des formules rationnelles, et l'enseignement de cette science si vaste et si difficile se simplifie beaucoup.

Pourquoi le cuivre n'est-il point attaqué par l'acide sulfurique étendu, alors que le laiton s'y dissout? C'est parce que la réaction du cuivre sur l'eau acidulée absorberait de la chaleur, par suite du dégagement d'hydrogène; tandis qu'au contraire la réaction du zinc est exothermique, et capable de fournir à la première la chaleur qui lui est nécessaire, pourvu que le laiton contienne assez de zinc pour cela.

Pourquoi le charbon brûle-t-il vivement dans le protoxyde d'azote? parce que l'union du carbone et de l'oxygène dégage plus de chaleur que celle de l'azote et de l'oxygène, qui en absorbe; on expliquera de même pourquoi le sulfure de carbone brûle avec incandescence dans le bioxyde d'azote.

L'emploi du cuivre oxydé dans l'analyse élémentaire des produits organiques eût été imposé à un thermochimiste de par la logique, et Gay-Lussac n'eût point essayé d'autre oxyde.

Mais il faudrait parcourir toute la science pour épuiser le vaste champ des applications de la thermochimie, et le lecteur serait étonné de nous entendre interpréter sans peine les faits les plus inexpliqués jadis, tels que ce curieux paradoxe signalé par M. J. Regnault : l'amalgamation du zinc des piles Daniel augmente la force électromotrice de l'élément; au contraire, on diminue la différence de potentiel entre les deux pôles d'une pile montée au cadmium, en amalgamant ce métal. C'est parce que l'amalgamation, dans le cas du zinc, est une opération endothermique, tandis qu'elle est exothermique quand on l'opère sur le cadmium. Le zinc amalgamé a condensé de l'énergie, et il dégage plus de chaleur en s'unissant à l'oxygène que le zinc pur, tandis que le cadmium en dégage moins qu'à l'état naturel.

Un dernier fait, que j'emprunte à M. Berthelot, couronnera cette énumération, trop longue peut-être au gré de quelques-uns, trop courte assurément pour être complète.

Les personnes les plus étrangères à la chimie, connaissent les admirables synthèses opérées par l'illustre professeur, en partant de l'acétylène. Or, nous lisons dans son traité de la Synthèse chimique (1), les lignes suivantes :

« Le rôle que joue l'acétylène dans la synthèse s'explique non-seulement par la simplicité de sa composition, mais encore par cette circonstance qu'il est formé avec absorption de chaleur depuis les éléments ; il renferme dès lors un excès d'énergie qui se dépense à mesure dans la formation des autres combinaisons : *tel est l'un des principaux secrets de la synthèse.* »

N'est-ce point l'honneur de la thermochimie et surtout de la mécanique chimique d'avoir été créée par celui-là même qui a réalisé les synthèses les plus remarquables des composés organiques ?

Aimé Witz,
Professeur à l'Université catholique de Lille.

(1) *La synthèse chimique*, par M. Berthelot, 2e édition. Germer-Baillière, 1876, p. 22.

LE DARWINISME

ET L'EXPRESSION DES ÉMOTIONS CHEZ L'HOMME ET CHEZ LES ANIMAUX.

—

QUATRIÈME ARTICLE (1).

—

SECTION II.

EXAMEN, ABSTRACTION FAITE DE TOUT SYSTÈME ÉVOLUTIONNISTE, DES PRINCIPES ÉNONCÉS PAR DARWIN POUR L'EXPLICATION DES PHÉNOMÈNES ÉMOTIONNELS.

Abordons maintenant, dans les limites que nous venons d'indiquer, la discussion de la théorie de Darwin relative à l'expression des émotions. Nous allons donc examiner si, envisagés à un point de vue purement physiologique, les principes formulés par le savant anglais apportent une explication plausible des phénomènes.

Or, dans le premier principe, à part l'application qu'en fait Darwin au système de l'évolution, il y a une idée parfaitement vraie.

Le second, à notre avis, est purement chimérique.

Quant au troisième, on ne saurait le révoquer en doute ;

(1) Voir les trois livraisons précédentes.

mais, dans sa formule générale, ce n'est que l'énoncé d'une banalité physiologique; et lorsque Darwin, au moyen de ce principe, tente d'expliquer en détail quelques expressions particulières, il n'aboutit guère à rien de satisfaisant.

Essayons, par la discussion, de justifier ces aperçus sommaires.

§ I. — PRINCIPE DE L'ASSOCIATION DES HABITUDES UTILES.

Rappelons d'abord ce que Darwin entend sous ce nom.

« Il est, nous dit ce naturaliste, des actions complexes qui, dans certaines situations d'esprit, sont d'une utilité directe ou indirecte pour soulager ou satisfaire des sensations spéciales, des désirs, etc.; et chaque fois que cet état mental est produit, fût-ce même faiblement, il y a, par la force de l'habitude et de l'association, une tendance à exécuter les mêmes mouvements quoiqu'ils puissent alors n'avoir aucune utilité. Des actions ordinairement associées par l'habitude avec certains états d'esprit peuvent être réprimées partiellement au moyen de la volonté, et dans ce cas les muscles qui sont le moins sous le contrôle séparé de la volonté, sont particulièrement sujets à agir encore et à produire des mouvements que nous reconnaissons comme expressifs. Dans d'autres cas, la répression d'un mouvement habituel requiert d'autres légers mouvements, et ceux-ci sont pareillement expressifs (1). »

Quoique dans le développement de ce principe, le nouvel émule de Lamarck ne cesse d'avoir comme point de mire son hypothèse de l'évolution, on voit que la définition n'implique ce système en aucune sorte. Nous verrons plus tard si les faits particuliers présentés par Darwin sont plus ou moins favorables aux conclusions transformistes. Pour le

(1) Ch. Darwin, *The expression of the emotions in man and animals*, p. 28. London, 1872.

moment nous ne voulons envisager que l'idée essentielle du principe.

Cette idée est celle-ci :

Il est des mouvements qui doivent être considérés comme destinés *primitivement* à la satisfaction d'un sentiment, d'un désir ou d'un besoin déterminé : leur association à ce sentiment ou à ce besoin est donc facilement intelligible. Mais il y a plus : si maintenant, dans des circonstances d'ailleurs fort diverses, on éprouve une impression analogue à ce sentiment, ce désir ou ce besoin, il y aura tendance à reproduire les mêmes mouvements, quand même ils ne pourraient en aucune façon réaliser leur but primitif. Par exemple, si un aliment a peu flatté le goût, nous faisons avec les lèvres, les joues, tous les mouvements propres à le rejeter; et si l'impression de dégoût est profonde, on verra se produire les mouvements prodromiques du vomissement lui-même. Or, si l'on énonce devant nous une proposition de l'ordre moral qui nous répugne profondément, nous faisons, par suite d'une comparaison de l'esprit et d'une assimilation implicite entre cette proposition et un aliment dégoûtant, tous les mouvements propres à rejeter cet aliment de la bouche ou même à le vomir. Ce sont alors des mouvements qui ont perdu leur but primitif et qui sont simplement associés à une situation mentale déterminée.

Qu'il y ait maintenant une foule de mouvements expressifs qui doivent s'expliquer de la sorte, cela n'est pas contestable. Seulement il est juste de dire que cette idée n'appartient en aucune façon à Darwin. Comme lui-même le proclame d'ailleurs, *le pouvoir de l'association est admis par tout le monde* (1). Il cite particulièrement à cet égard Bain, d'après lequel *les actions, sensations ou sentiments qui se présentent ensemble ou en étroite succession, tendent à se répéter ensemble ou se lient de telle sorte que, si l'un d'eux s'offre*

(1) « The power of association is admitted by every one. » Ch. Darwin. ouvrage cité, p. 31.

ensuite à l'esprit, l'idée des autres arrive tout naturellement (1). Ainsi dans l'exemple que nous avons donné, une proposition choquante éveille vaguement un sentiment analogue au dégoût physique, et aussitôt se produisent les *actions* qui d'ordinaire l'accompagnent, quoique l'impression éprouvée dérive uniquement de considérations d'ordre moral.

Mais c'est à un illustre physiologiste, P. Gratiolet (2), qu'appartient la gloire d'avoir surtout mis en lumière ce genre d'expressions. Il l'a fait avec une richesse d'observations de détail, une finesse de jugement et une clarté d'exposition vraiment remarquables (3). On peut même dire que les exemples d'association les plus intéressants donnés par Darwin et qui se rattachent à son premier principe, sont empruntés à Gratiolet.

Certes, nous ne voulons pas dire que tout soit parfait dans l'écrivain français, mais du moins au point vue de la théorie générale des expressions émotionnelles, malgré quelques inexactitudes de détail, c'est bien le cas de dire avec Horace, que les qualités éminentes de l'ouvrage doivent rendre indulgent pour ses rares défauts.

> Verum ubi plura nitent in carmine, non ego paucis
> Offendar maculis, quas aut incuria fudit
> Aut humana parum cavit natura.
>
> *Ars poetica.*

Gratiolet partage les mouvements expressifs en quatre

(1) « Actions, sensations, and states of feeling, occurring together or in » close succession, tend to grow together, or cohere, in such a way that » when any one of them is afterwards presented to the mind, the others are » apt to be brought up in idea. » Bain, *The senses and the intellect*, 2nd edition, p. 332. (Citation de Darwin, ouvrage cité, p. 31).

(2) Pierre Gratiolet, né en 1815, mort en 1865, et par conséquent à l'âge de 50 ans, fut longtemps attaché au *Museum*, et enfin professeur de zoologie à la Faculté des sciences de Paris. Il enseignait donc à la Sorbonne à l'époque de sa mort.

(3) P. Gratiolet, *De la physionomie et des mouvements d'expression*, 3e édition. Paris.

classes : les mouvements *directs* ou *prosboliques*, les mouvements *sympathiques*, les mouvements *symboliques* et les mouvements *métaphoriques*.

Les mouvements prosboliques sont des *mouvements automatiques ou volontaires qui se produisent dans l'exercice de nos sensations*. Ce sont *des expressions naturelles qui racontent avec une absolue évidence jusqu'à quel point ces sensations concordent avec notre propre nature* (1). L'exercice de l'ouïe, par exemple, est accompagné d'une foule de particularités qui disent clairement si l'audition est facile ou pénible, dans quelle direction arrivent les sons, et — lorsqu'il s'agit de l'homme, car naturellement les animaux aussi ont des mouvements prosboliques, — si le discours à entendre est importun ou agréable (2).

Voici comment Gratiolet définit les mouvements sympathiques :

« Je donne, nous dit-il, le nom de mouvements sympathiques... à une classe de mouvements qui se produisent dans le corps, non point relativement à un but extérieur, mais à l'occasion des mouvements d'un organe dont l'action est seule objective ou *prosbolique*.

» C'est ainsi que lorsque je regarde avec attention, tout mon corps s'associe au mouvement de mon œil ; que ma bouche et mon nez exécutent des mouvements involontaires, mais naturels, puisqu'ils se reproduisent invariablement chez tous les animaux d'une même espèce (3). »

L'éminent physiologiste appelle aussi *associés* les mouvements sympathiques. Cette qualification est parfaitement juste, puisque effectivement les mouvements sympathiques ne sont que des mouvements accessoires associés à des mouvements d'un organe dont l'action seule est directement en jeu. Mais il est inutile de faire remarquer à nos lecteurs

(1) P. Gratiolet, ouvrage cité, p. 27.
(2) Voir ibidem, p. 17-21.
(3) Ibidem, p. 205.

que l'association ici indiquée par Gratiolet ne se rapporte pas au groupe d'expressions que Darwin entend expliquer par son premier principe. Ce principe, en effet, d'après la définition, ne vise pas les mouvements associés quelconques, mais ceux qui, du moins dans leur sens primitif, tendent à la réalisation d'un but utile. Il est vrai pourtant que dans le développement de son principe, Darwin introduit bien des faits qui lui sont étrangers et qui ne sont que des phénomènes associés dans le sens le plus large. Mais tous les mouvements expressifs groupés par Darwin sous son premier principe, dès le moment où ils deviennent *purement* expressifs et cessent de réaliser leur but direct ou prosbolique, appartiennent aux mouvements symboliques ou métaphoriques de Gratiolet.

Ces mouvements purement expressifs sont les plus intéressants, car dès le moment où l'acte est prosbolique, il ne soulève aucun problème quant à sa signification. Nous laisserons donc les mouvements prosboliques et les mouvements sympathiques de Gratiolet, mais il en sera tout autrement des mouvements symboliques et des mouvements métaphoriques qui, ainsi que nous allons le montrer, sont en plein cœur de notre sujet. A cet égard, nous établirons un parallèle entre Gratiolet et Darwin. Ce parallèle est, pensons-nous, de nature à jeter quelque lumière sur le groupe le plus intéressant et le plus intelligible des expressions émotionnelles, et il peut faire saisir tout à la fois le côté vrai et les lacunes de l'explication de Darwin. Occupons-nous d'abord des mouvements symboliques.

1. Des mouvements symboliques.

A. — *Notion de ces mouvements.*

Les expressions symboliques sont celles qui sont dues au simple jeu de l'imagination ou au travail de la pensée sur les idées ou images intérieures des choses sensibles.

« Ces images matérielles, nous dit Gratiolet, sont des

représentations des choses extérieures, ou, pour m'exprimer plus clairement encore, elles sont en tout semblables aux idées immédiates qu'éveillent en nous des sensations actuelles. Il est donc naturel qu'elles soient imaginées dans les conditions mêmes où ces sensations se produisent le plus habituellement, et par conséquent rapportées à quelque chose d'extérieur. C'est ainsi que nous concevons comme extérieures les choses visibles que nous imaginons; que nous entendons hors de nous les sons dont l'idée occupe notre pensée.

» Il est donc naturel qu'en écoutant en nous, nous fassions mine d'écouter au dehors, qu'en contemplant dans notre pensée une image idéale, nous dirigions nos yeux vers le lieu de l'espace où cette chose est imaginée; en un mot, que nos idées déterminent des effets à peu de chose près semblables à ceux que détermine un objet réel, capable de déterminer des sensations pareilles.

» Ainsi, par une illusion irrésistible, l'instinct et la volonté recherchent au dehors ces objets intérieurs de la pensée, le désir s'y laisse attirer, la volupté les caresse, la haine les attaque ou les fuit.

» Nous développerons ces faits en quelques propositions très générales :

» 1° Il est impossible de voir, d'écouter, de flairer, de goûter, de toucher une chose en imagination sans exécuter en même temps les mouvements qui, dans la sphère des actions extérieures, répondent... à ces actions diverses.

» 2° Il est impossible de vouloir, de désirer, d'agir en un mot par la pensée sur ces images *intérieures* (1), sans exécuter les mouvements ou du moins un *indice* de ces mouvements qui, dans l'ordre de la vie extérieure, répondent à ces actions.

(1) Le texte, publié seulement après la mort de Gratiolet, porte *extérieures* au lieu de *intérieures;* mais il est évident que c'est là un *lapsus calami* ou une faute d'impression.

» ...Nous donnerons à ces mouvements qui résultent du jeu de l'imagination et de la pensée créatrice, le nom de *mouvements symboliques* (1). »

On voit, d'après cet exposé, en quoi ici concordent et diffèrent le physiologiste français et le naturaliste anglais.

Nous rencontrons manifestement, dans les expressions symboliques, des mouvements associés qu'explique Darwin par son premier principe, puisque, étant donnée une simple image qui rappelle un objet extérieur, elle entraîne par association, et sans qu'ils répondent à un but actuellement utile, les mouvements naturels que provoquerait une sensation due à une cause matérielle.

Mais pourquoi dans ce cas, les mouvements s'associent-ils à une simple image qui n'est pas éveillée par un objet réel et présent?

C'est le résultat de l'habitude, nous dira Darwin. L'imagination replace l'individu dans une situation d'esprit analogue à celle que provoquerait l'action réelle de l'objet perçu en imagination, et les mouvements qui ordinairement sont associés à cette action réelle se reproduisent par suite de l'habitude dans des circonstances analogues purement imaginaires.

Or, cette explication est insuffisante.

Sans doute l'habitude rend plus facile la répétition des actes qui ont déjà été posés un certain nombre de fois. Mais elle est impuissante à apporter la raison première qui lie les mouvements à une certaine situation d'esprit. Si en face d'un lion menaçant, la perception du danger me porte à fuir indépendamment de toute habitude, la vue purement imaginaire d'un lion dans le somnambulisme tendra de même, indépendamment de toute habitude, à produire la fuite. C'est en vain qu'à cet égard on recule jusqu'à des ancêtres éloignés par lesquels aurait commencé l'habitude. Celle-ci suppose la

(1) P. Gratiolet, *De la physionomie ou des mouvements d'expression*, p. 263-265.

répétition des actes, et le premier acte, qui lui a servi de point de départ, a dû être appelé uniquement par la relation naturelle des mouvements à une sensation ou à une émotion déterminée.

L'habitude n'est donc jamais la cause d'un mouvement; elle ne fait que le faciliter.

Gratiolet nous paraît donc plus perspicace que Darwin dans l'indication précise de la cause des mouvements symboliques. Les idées matérielles, dont s'occupe l'imagination, *sont en tout semblables aux idées immédiates qu'éveillent en nous des sensations actuelles,* et, par conséquent, *il est naturel qu'elles soient* IMAGINÉES *dans les conditions mêmes où ces sensations se produisent le plus habituellement.* Or, s'il en est ainsi, il est également naturel que *nos idées déterminent des effets à peu de chose près semblables à ceux que détermine un objet réel, capable de déterminer des sensations pareilles.* Tel est le fondement ultime des mouvements symboliques, et il est indépendant de l'habitude.

La raison des mouvements associés produits symboliquement est donc parfaitement intelligible, et même on ne conçoit pas comment ces mouvements pourraient ne pas se produire dans une certaine mesure qui dépend de la vivacité de l'imagination.

B. *Faits particuliers qui doivent s'expliquer par la loi des mouvements symboliques. Darwin ne l'a pas saisie.*

Au reste, Gratiolet ne se contente pas d'énoncer son principe, il l'établit en fait par des exemples péremptoires.

La loi essentielle qui régit les mouvements symboliques, ainsi qu'il résulte de l'exposé ci-dessus, est celle-ci : *la perception purement imaginaire d'un objet matériel par un individu, tend à exciter en lui les mêmes effets que l'objet lui-même.* Or,

1° Ce principe se vérifie même pour les mouvements organiques, et Gratiolet en rapporte, entre autres, un exemple très intéressant.

« A une époque où certaines idées d'association mal en-

tendue fermentaient chez les jeunes gens de nos écoles, un étudiant fut admis à subir les épreuves de l'initiation maçonnique. L'épreuve imposée fut la suivante : on lui banda les yeux, puis on se mit en devoir de le saigner. En conséquence, une ligature fut serrée autour du bras; on fit mine d'ouvrir la veine et un filet d'eau reçu dans une cuvette imita le bruit du sang qui s'échappe d'une veine ouverte. Or, l'opération, ou plutôt ce simulacre d'opération se prolongeant, on vit au bout de quelques instants notre homme pâlir, il s'affaissa peu à peu et finit par tomber en syncope, l'idée d'une hémorrhagie amenant ainsi l'effet d'une hémorrhagie réelle (1). »

2° Les illusions de l'imagination peuvent même produire des sensations réelles dont la cause est entièrement subjective. Gratiolet en donne encore des exemples.

« Au milieu d'une de nos dernières émeutes, raconte le savant naturaliste du *Museum*, un groupe de soldats et de gardes nationaux engagé dans la rue de la Planche-Mibray demeure pendant quelques instants exposé à un feu meurtrier et plongeant de tous les côtés. L'un des combattants reçoit à l'épaule un coup léger d'une balle réfléchie par quelque corps environnant et n'y fait d'abord aucune attention. Mais le combat fini, un peu de douleur se faisant ressentir dans le lieu contus, il a l'idée d'une blessure plus grave, et au même instant il sent sur le côté de la poitrine comme le passage d'une lame de sang coulant d'une blessure; il le sent manifestement, et cependant la peau n'avait pas été entamée.

» Voici un autre fait analogue à celui-là : deux étudiants s'aidaient réciproquement dans une dissection. Pendant que l'un deux, attentif à ses recherches, étend le doigt, son compagnon promène en plaisantant sur ce doigt le dos d'un scalpel. Notre anatomiste recule aussitôt et pousse un cri

(1) P. Gratiolet, *De la physionomie et des mouvements d'expression*, p. 285.

terrible, puis, riant de sa méprise, il avoue avoir senti le tranchant du fer et une douleur cuisante pénétrer jusqu'à l'os (1). »

3° Mais l'influence de l'imagination est surtout palpable sur les mouvements ordinaires. Nous en avons la preuve quotidienne dans les mouvements qui accompagnent les rêves et dans les phénomènes du somnambulisme.

Il y a plus : la loi qui lie les attitudes et les mouvements du corps aux mouvements de l'imagination est, jusqu'à un certain point, susceptible d'une démonstration expérimentale. A l'aide de diverses recherches entreprises au moyen d'un pendule formé d'un corps lourd et d'un fil flexible tenu à la main au-dessus de certains corps, le bras étant d'ailleurs immobile, M. Chevreul est arrivé à formuler la loi suivante :

« Il y a une liaison intime établie entre l'exécution de certains mouvements et l'acte de la pensée qui y est relative, quoique cette pensée ne soit pas encore la volonté qui commande aux organes musculaires (2). »

Au reste, Darwin lui-même apporte des faits d'association qui paraissent l'embarrasser et qui ne sont que la confirmation de la loi énoncée par M. Chevreul.

Ainsi on voit des personnes qui, au moment où elles coupent quelque chose au moyen de ciseaux, imitent par le mouvement simultané de leurs mâchoires, celui des branches de l'instrument. De même, il est des enfants qui, lorsqu'ils apprennent à écrire, passent la langue et la meuvent d'une façon ridicule pour suivre le mouvement des doigts (3).

Je signalerai, dans le même ordre d'idées, une observation qui m'est personnelle. Lorsque je repasse un rasoir, j'ai besoin d'un effort de la volonté pour m'empêcher de faire de légers mouvements de la tête en rapport avec le va-et-vient du rasoir sur le cuir.

(1) Ibidem, p. 286-287.

(2) P. Gratiolet, *De la physionomie*, p. 283.

(3) Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 34.

Darwin nous dit que ces sortes de mouvements, exécutés *indépendamment de l'habitude* (independently of habit), *semblent dus à l'imitation* (seem to be due to imitation) (1).

Sans doute, il en est ainsi. Mais d'où vient cette imitation? N'est-ce pas évidemment de cette loi physiologique en vertu de laquelle les mouvements du corps tendent toujours, indépendamment même de tout acte de la volonté, à se coordonner à l'objet de la pensée? La vue de certains mouvements imprime d'une manière actuelle leur image dans le sensorium, et par suite les organes *ad hoc* se meuvent automatiquement à l'unisson.

Dans ces exemples les mouvements produits n'expriment aucune émotion, mais il n'en est pas moins vrai que la loi physiologique dont ils dépendent, répand une vive lumière sur une foule d'expressions qui ne sont que des mouvements symboliques. Rien ne rendra plus claire la vérité de cette assertion que l'examen de ces cas particuliers. Voyons-en quelques-uns.

« Lorsque nous voyons quelqu'un frappé d'un grand coup à la tête, par exemple, nous portons symboliquement la main à la tête en faisant un geste de douleur. De même, si nous voyons quelqu'un se faire quelque brûlure, nous exécutons à peu de chose près les mêmes gestes que si nous étions brûlés nous-mêmes (2). »

Ainsi en voyant porter un grand coup à la tête, notre imagination nous présente l'idée d'un cas possible qui nous serait personnel, et aussitôt le mouvement associé de préservation se dessine. De même la vue d'une brûlure fait naître en nous la pensée d'une brûlure dont nous serions nous-mêmes menacés, et aussitôt se produisent les gestes associés ordinaires.

Dans cet ordre d'idées, Gratiolet remarque encore excellemment après M. Chevreul.

« La plupart des faits qu'on rapporte en général à une

(1) Voir ibidem, p. 34.
(2) P. Gratiolet, *De la physionomie*, p. 298.

faculté particulière, je veux dire à l'imitation, ne sont, en dernière analyse, qu'un résultat nécessaire des mouvements intimes de l'imagination et de la liaison mystérieuse qui unit dans une minutieuse harmonie le jeu intérieur de la pensée au jeu des organes corporels.

» Or, s'il est impossible, et la chose paraîtra, je l'espère, suffisamment prouvée, d'être saisi d'une idée vive sans que le corps se mette à l'unisson de l'idée, on concevra aisément comment la vue habituelle de certains hommes pousse nécessairement à reproduire leurs attitudes et leurs gestes, comment les tics sont contagieux, comment enfin les accents se communiquent par des voies lentes mais sûres, à tel point qu'on peut assurer que le commerce habituel de chanteurs habiles doit avoir à la longue sur la qualité de la voix la plus heureuse influence (1). »

« C'est ainsi, dit ailleurs Gratiolet,... qu'en assistant à une lutte quelconque on s'y mêle symboliquement et presque à son insu. Il suffit même d'en entendre un récit animé ; alors l'imagination suivant toutes les péripéties du combat, l'automate vivant se meut au gré des fils cachés qu'elle dirige, et l'on voit se succéder tour à tour sur le visage du spectateur, la fureur, l'effroi, la tendresse, la haine, l'effort, l'abattement, la douleur, la joie (2). »

« Ne se produit-il pas, dit encore Gratiolet, quelque chose d'analogue dans l'angoisse réelle que fait éprouver à quelques hommes l'embarras d'un ami ou même d'un indifférent engagé dans une entreprise hasardeuse (3) ? »

(1) P. Gratiolet, ouvrage cité, p. 298-299.

(2) Ibidem, p. 292. — Ces considérations rendent parfaitement intelligible l'influence pernicieuse sur la moralité de la société, des récits des journaux qui servent en pâture à leurs lecteurs les détails émouvants des grands crimes. Ces sortes de récits, — la statistique le prouve d'une manière irrécusable, — portent, en exaltant l'imagination, à la répétition des mêmes crimes. Voir à ce sujet une notice intéressante du Dr Prosper Despine, *De la contagion morale*, Marseille, 1870.

(3) Ibidem, p. 293.

Tous ces faits concordent fort bien avec ce que nous dit Darwin des mouvements associés, et plusieurs sont également indiqués par le naturaliste anglais. Mais peut-être ne sera-t-il pas sans intérêt d'examiner à la lumière des vues développées par Gratiolet, quelques-uns des exemples apportés par Darwin, et que nous avons mentionnés précédemment.

Arrêtons-nous d'abord à celui-ci : « Tout le monde pour se protéger en tombant par terre, étend les bras ; et, selon la remarque du professeur Alison, il en est peu qui puissent s'empêcher d'agir ainsi lorsqu'ils se laissent tomber volontairement sur un lit mou (1). »

Pour Darwin, ce mouvement s'explique tout simplement par le pouvoir de l'association. On étend alors les bras parce que l'extension des bras s'est habituellement associée à l'action de tomber. Mais à notre avis une telle explication, quoiqu'elle s'appuie sur un fait vrai, ne va pas assez au fond de la question. Il ne suffit pas, en effet, de constater l'association, il faut dire pourquoi elle se maintient même contrairement à la volonté et dans un cas où elle perd son but primitif. Or, Gratiolet satisfait parfaitement à ce *desideratum* de la théorie de Darwin. On étend les bras même lorsque la chute ne présente aucun danger, parce que l'acte seul de tomber éveille dans l'imagination l'idée d'un danger ; et quoique dans ce cas il soit purement imaginaire et perçu comme tel par la raison, l'idée de ce danger, même imaginaire, étant en tout semblable à celle qu'éveillerait un danger réel, il est naturel qu'elle tende, quoique avec une moindre énergie, à produire les mouvements de préservation ordinairement associés.

Après avoir rappelé que les chiens éprouvent beaucoup de plaisir à se frotter le cou et le dos et à se rouler sur de

(1) « Every one protects himself when falling to the ground by extending » his arms, and as professor Alison has remarked, few can resist acting » thus, when voluntarily falling on a soft bed. » Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 31.

la charogne, dont l'odeur semble leur être particulièrement délectable, Darwin rapporte à cet égard un exemple intéressant d'association.

« Il est au nombre de mes terriers, nous dit le naturaliste anglais, une chienne qui, lorsqu'elle n'a pas faim, si on lui offre un morceau de biscuit brun (et j'ai entendu rapporter d'autres exemples semblables), commence par le jeter çà et là et le mord, comme si c'était un rat ou une autre proie. Elle se roule ensuite à diverses reprises sur le morceau absolument comme si c'était de la charogne, et à la fin elle le mange. Il semble que le morceau dégoûtant ait besoin de recevoir un goût imaginaire. Et pour le lui donner le chien se comporte à sa manière habituelle, comme si le morceau était un animal vivant ou exhalait une odeur de charogne, quoiqu'il sache mieux que nous que ce n'est pas le cas. J'ai vu le même terrier agir de la même façon lorsqu'il avait tué un petit oiseau ou une souris (1). »

Cet exemple s'explique encore facilement d'après les vues de Gratiolet. Par suite d'une association d'images, le biscuit, l'oiseau, la souris, rappellent au terrier la charogne, et les mouvements qu'entraîne pour le chien la possession d'une charogne, se produisent. C'est là chez la bête un de ces mouvements symboliques que le physiologiste français a si bien décrits chez l'homme.

Mais le désir de Darwin de conserver indemne l'honneur intellectuel de son terrier, l'entraîne à émettre, sur le mo-

(1) » When a piece of brown biscuit is offered to a terrier of mine and she » is not hungry (and I have heard of similar instances), she first tosses it » about and worries it, as if it were a rat or other prey ; she then repeatedly » rolls on it precisely as if it were a piece of carrion. and at last eats it. It » would appear that an imaginary relish has to be given to the distasteful » morsel ; and to effect this the dog acts in his habitual manner, as if the » biscuit was a live animal or smelt like carrion, though he knows better » than we do that this is not the case. I have seen the same terrier act in the » same manner after killing a little bird or mouse. » Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 44-45.

bile qui pousse alors l'animal, des idées absolument inadmissibles. Il est clair que l'opération indiquée n'a aucun but réel. D'après Darwin pourtant cela s'expliquerait ainsi : les mets décrits seraient peu appétissants pour l'animal et celui-ci, pour vaincre sa répugnance, chercherait à leur attribuer le parfum plus recherché de la charogne. A cet effet, il se roule sur le biscuit comme si c'était de la charogne, quoiqu'il sache parfaitement que tel n'est pas le cas.

Mais vraiment Darwin lui-même est ici le jouet de son imagination, et tout cela dépasse les bornes de la science sérieuse. Aussi un critique, transformiste d'ailleurs et fort bienveillant pour Darwin, le professeur Erdmann, ne peut s'empêcher de faire sur ce passage la remarque suivante :

« Darwin se transporte dans l'intérieur de la bête et en tire ses explications d'une manière qui frise souvent, sinon le langage d'un halluciné, au moins la puérilité. Si, par exemple, on nous parle d'un chien qui roule un biscuit dans la poussière et les ordures, et qu'on nous dise : Cette opération a pour but de donner au biscuit de la ressemblance avec un morceau de charogne, celle-ci étant recherchée par le chacal et par conséquent aussi par son descendant le chien, qui s'y frottent avec plaisir, — l'explication nous rappelle le temps de notre enfance où nous savions aussi d'une manière tout à fait certaine que si le coq reste stupéfié à la vue d'une ligne à la craie tracée sur son bec, c'est qu'il la considère comme une poutre (1). »

(1) « Darwin versetzt sich so in das Innere des Thieres und spricht aus » diesem heraus, dass es oft, wenn auch nicht an Wahnsinn, so doch ans » Kindische streift. Wenn wir z. B. von einem Hunde hören, der einen » Zwieback im Staube und Schmutz der Strasse herumwälzt, und es wird » gesagt : das geschehe, damit der Zwieback einem Stück Aas ähnlich » werde, auf dem sich herumzuwälzen der Schakal und also auch sein Nach- » komme, der Hund, sehr liebe, so erinnert uns das an unsere Kinderzeit, » wo wir auch ganz gewiss wussten, dass der Hahn auf den über seinen » Schnabel gezogenen Kreidestrich staune, weil er ihn für einen Balken » halte. » Prof. Erdmann. *Darwin's Erklärung pathognomischer Erscheinungen*, p. 5. Halle, 1873.

C'est parfaitement juste, et l'on ne peut d'une manière plus mordante faire justice de ces sortes d'assertions en l'air. Mais on peut aller plus loin, et il est facile de montrer que l'explication présentée par Darwin est certainement fausse.

Les mouvements indiqués, en effet, sont tout simplement excités par l'image qui occupe la fantaisie de l'animal et qui lui rappelle la charogne. Or, cette image par cela seul qu'elle représente un objet avidement recherché, entraîne avec elle quelque plaisir ; et puisque c'est le biscuit qui y donne naissance, il est impossible que ce mets soit perçu comme dégoûtant. En émettant cette assertion, Darwin se contredit d'ailleurs manifestement lui-même. Il nous a dit quelques lignes plus haut que, chez les chiens et les chacals, c'est une expression de *grand plaisir (much pleasure)* que de se rouler et de se frotter sur la charogne ; or, avec l'explication actuelle de Darwin, ces mouvements deviendraient en réalité ici une expression de dégoût. De plus, s'il en était ainsi, il y aurait contradiction avec le principe général formulé par Darwin lui-même, et en vertu duquel les mouvements purement expressifs dérivés d'une association, se produisent dans une situation mentale *semblable ou analogue* à celle qui correspond au but essentiel et primitif de ces mouvements : il est évidemment impossible que l'impression du dégoût soit quelque chose d'analogue à un sentiment de plaisir.

Darwin nous rapporte aussi quelques observations intéressantes sur les mouvements associés du chat. On sait que cet animal recouvre de terre toutes ses évacuations. Or, le Dr Darwin, aïeul du naturaliste contemporain, eut un jour l'occasion d'observer un jeune chat qui couvrait de cendres une cuillerée d'eau pure répandue à terre. En sorte que la vue seule de l'eau, quoique dénuée de toute odeur, avait par l'illusion de l'association, entraîné l'exécution d'un mouvement instinctif en rapport avec un but déterminé (1). Un autre petit chat a présenté un fait tout aussi remarquable.

(1) Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 46.

Tout le monde connaît le soin avec lequel la race féline évite de se mouiller les pattes. Or, la fille de Darwin ayant versé de l'eau dans un verre tout près de la tête du jeune animal, celui-ci aussitôt secoua ses pattes comme si elles avaient reçu le contact du liquide (1). Le bruit avait amené l'illusion.

Ici encore ces faits ne sont que des expressions symboliques très claires et qui n'ont rien d'étonnant. Il est tout simple, en effet, que les images reçues dans la fantaisie de la bête, même lorsqu'elles correspondent à un fait inexactement perçu, doivent porter aux mêmes mouvements, à l'énergie près, que s'il n'y avait pas d'illusion. Dans l'un et l'autre cas, en effet, selon la pensée de Gratiolet, les idées matérielles sont tout à fait semblables.

Il est tout aussi facile de pénétrer la cause d'une habitude bizarre du canard *Tadorne*. Comme nous l'avons déjà dit, il cherche sa nourriture dans les sables abandonnés par la marée, et lorsqu'il découvre la trace d'un ver, il se met à danser sur la place pour le faire sortir. Or, on a remarqué que des canards apprivoisés de la même espèce, quand ils venaient demander leur nourriture, piétinaient également le sol avec rapidité. Des observations semblables ont été faites sur le flamant et le kagu. Le martin-pêcheur présente quelque chose d'analogue. S'il attrape un poisson, il le frappe jusqu'à ce qu'il l'ait tué ; or, dans le *Jardin zoologique*, les martins-pêcheurs battent ainsi la viande crue avant de la manger.

Tous ces actes symboliques s'expliquent d'une manière très simple. Cependant il est bon ici de faire une remarque.

Ces sortes de mouvements posés, non d'une manière fugitive, mais avec insistance, et si je puis parler ainsi, d'une manière systématique, sont, en dernière analyse, des actes éminemment stupides ; et chez un être raisonnable, il suffirait de la plus légère réflexion pour les éviter. On ne peut donc pas s'attendre à rencontrer chez l'homme des mouvements symboliques de ce genre. Mais la bête n'agit que d'après des

(1) Ibidem.

sensations et des images, comme nous l'avons montré ailleurs (1). Chez elle la réflexion et le raisonnement proprement dit n'existent pas, et au besoin les caractères des faits eux-mêmes d'association rapportés par Darwin établiraient notre thèse. Dès lors les mouvements symboliques les plus dénués de sens peuvent se rencontrer et se pratiquer opiniâtrément chez l'animal.

La théorie des mouvements symboliques de Gratiolet ne paraît guère avoir été saisie par Darwin. C'est ainsi qu'après avoir rapporté ce passage du naturaliste français : *Quand l'attention est fixée sur quelque image intérieure, l'œil regarde dans le vide et s'associe automatiquement à la contemplation de l'esprit* (2), Darwin ajoute cette réflexion : *Mais cette vue mérite à peine d'être appelée une explication* (3).

Or, s'il avait sérieusement examiné les bases de la théorie des mouvements symboliques de Gratiolet, il n'aurait pas parlé de la sorte. L'image intérieure est naturellement rapportée à une cause extérieure, puisqu'elle est en tout semblable à l'idée immédiate produite par une telle cause. Dès lors, en vertu de l'union intime qui existe entre le corps et l'âme, il est naturel que cette image produise des effets analogues sur les organes extérieurs, et par suite l'œil regardera *nécessairement* dans le vide.

Darwin n'est pas plus heureux dans le passage suivant où il semble avoir voulu faire une exécution sommaire de la théorie des mouvements symboliques de Gratiolet, en apportant précisément un exemple où il s'imagine que le savant professeur de la Sorbonne a échoué dans son explication.

« Gratiolet, nous dit Darwin, paraît ne pas accorder son attention à l'habitude héréditaire, ni même jusqu'à un certain

(1) *Le Darwinisme et l'origine de l'homme.* 2e édition, p. 311-319. Paris, 1873.

(2) P. Gratiolet, *De la physionomie et des mouvements d'expression*, p. 35. 3e édition. Paris.

(3) « *But this view hardly deserves to be called an explanation.* » Ch. Darwin, ouvrage cité, p. 229.

point à l'habitude purement individuelle. Par suite, à mon avis, il ne réussit pas à donner la vraie explication, ou même une explication quelconque, d'une foule de gestes et d'expressions. Comme exemple de ce qu'il appelle les mouvements symboliques, je citerai ses remarques (1) empruntées à M. Chevreul, sur un homme qui joue au billard : *Si une bille dévie légèrement de la direction que le joueur prétend lui imprimer, ne l'avez-vous pas vu cent fois la pousser du regard, de la tête et même des épaules, comme si ces mouvements, purement symboliques, pouvaient rectifier son trajet? Des mouvements non moins significatifs se produisent quand la bille manque d'une impulsion suffisante. Et, chez les joueurs novices, ils sont quelquefois accusés au point d'éveiller le sourire sur les lèvres des spectateurs.* — De tels mouvements, je pense, peuvent être attribués simplement à l'habitude. Chaque fois que l'homme a désiré mouvoir un objet dans une direction déterminée, toujours il l'a poussé dans le même sens; s'il voulait le voir avancer, il l'a poussé en avant; et s'il désirait l'arrêter, il l'a tiré en arrière. Par conséquent lorsqu'un homme voit sa bille suivre une mauvaise direction et qu'il désire vivement lui en donner une autre, il ne peut s'empêcher, par suite d'une longue habitude, d'exécuter d'une manière inconsciente les mouvements dont l'expérience lui a montré l'efficacité dans d'autres circonstances (2). »

(1) Voir P. Gratiolet, *De la physionomie*, 3e édition, p. 37. Paris.

(2) « Gratiolet appears to overlook inherited habit, and even to some ex- » tent habit in the individual; and therefore he fails, as it seems to me, to » give the right explanation, or any explanation at all, of many gestures and » expressions. As an illustration of what he calls symbolic movements, I » will quote his remarks (p. 37), taken from M. Chevreul, on a man playing » at billiards. *Si une bille dévie légèrement de la direction que le joueur » prétend lui imprimer, ne l'avez-vous pas vu cent fois la pousser du » regard, de la tête et même des épaules, comme si ces mouvements, » purement symboliques, pouvaient rectifier son trajet? Des mouve- » ments non moins significatifs se produisent quand la bille manque » d'une impulsion suffisante. Et, chez les joueurs novices, ils sont quel- » quefois accusés au point d'éveiller le sourire sur les lèvres des specta-*

Or, ici encore, on peut l'établir sans difficulté, l'explication de Gratiolet est parfaitement vraie.

L'imagination du joueur est alors occupée par la représentation des mouvements divers d'impulsion qu'il y aurait à donner à la bille, et comme la simple perception imaginaire de mouvements quelconques tend à les faire passer en acte, tous ces mouvements purement imaginés entraînent avec eux des gestes correspondants. Il est vrai que dans le cas présent, tous les mouvements provoqués par l'imagination ne répondent pas, en réalité, aux impulsions directes ou prosboliques qui auraient pour but efficace de diriger la marche du mobile. Personne, en effet, ne se sert de la tête, ni des épaules, pour produire ces impulsions. Mais la nature même de la cause générale des mouvements symboliques alléguée par Gratiolet, rend compte de ces gestes qui n'ont réellement pas leurs parallèles dans la vie pratique. Les mouvements, en effet, associés par l'imagination, peuvent l'être d'une manière un peu fantaisiste, et en réalité dans ses allures capricieuses, cette faculté crée souvent des combinaisons incompatibles avec un but sérieusement poursuivi.

En revanche, si la critique de Darwin procède manifestement d'un examen insuffisant, son explication propre n'est pas correcte.

Lorsque, nous dit ce naturaliste, *un homme voit sa bille suivre une mauvaise direction, il ne peut s'empêcher, par suite d'une longue habitude, d'exécuter d'une manière inconsciente les mouvements dont l'expérience lui a montré l'efficacité dans d'autres circonstances.*

« *teurs*. Such movements, as it appears to me, may be attributed simply to « habit. As often as a man has wished to move an object to one side, he has « always pushed it to that side; when forwards, he has pushed it forwards; « and if he has wished to arrest it, he has pulled backwards. Therefore, « when a man sees his ball travelling in a wrong direction, he cannot avoid, « from long habit, unconsciously performing movements which in other « cases he has found effectual. » Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 6-7.

Mais précisément la supposition tombe ici dans le vide. Les mouvements purement symboliques qu'exécute le joueur, de la tête et des épaules, n'ont jamais été en usage comme moyen de propulsion ; l'expérience n'a donc jamais pu en montrer l'efficacité, et de fait ils ne peuvent qu'être absolument inefficaces par rapport au but poursuivi.

Comparons maintenant à la théorie de Darwin les mouvements métaphoriques de Gratiolet.

II. Des mouvements métaphoriques.

A. — *Notion des mouvements métaphoriques.*

Comme point de départ, Gratiolet pose un principe énoncé par le docteur angélique. « Saint Thomas a dit avec une grande profondeur :

Intellectus noster secundum statum præsentem, nihil intelligit sine phantasmate (1). »

Et en effet, continue l'illustre professeur de la Sorbonne, *il n'est aucune notion, si haut qu'elle s'élève dans la sphère de l'abstraction qui puisse être absolument conçue en soi* (2). Nous avons nécessairement besoin de la rattacher à une image sensible qui en soit comme le vêtement.

C'est ainsi que l'homme incarne dans le langage les pensées les plus sublimes. Mais le langage étant ordinairement perçu au moyen de l'ouïe, et selon la remarque de Gratiolet, « l'habitude devenant, comme le dit fort justement le vulgaire, une seconde nature, nous paraissons souvent *écouter* les choses que nous pensons (3). »

C'est ainsi également que faisant passer dans le langage les assimilations sensibles qui existent dans notre esprit touchant les vérités d'un ordre quelconque, nous disons : *voir*,

(1) P. Gratiolet, *De la physionomie et des mouvements d'expression*, p. 301.

(2) Ibidem.

(3) Ouvrage cité, p. 304.

toucher, sentir, goûter une vérité que l'esprit seul comprend. Or, ces associations d'idées sont de vraies métaphores, et elles conduisent à des mouvements que Gratiolet appelle eux-mêmes *métaphoriques* : qualification pleine de justesse et qui rend intelligible une classe nombreuse de mouvements expressifs (1).

Nous allons essayer de le montrer.

B. — *Mouvements relatifs à l'appréciation d'une proposition.*

Arrêtons-nous d'abord aux mouvements expressifs par lesquels nous témoignons de nos sentiments à l'égard d'une proposition qui est énoncée devant nous.

« Le simple assentiment se manifeste essentiellement par de légers indices de flair agréable, de gustation satisfaite. On indiquera par tous les mouvements de son corps qu'on est caressé par l'idée. On inclinera la tête en signe de repos ou de confiance ; la négation au contraire est exprimée par tous les signes du refus matériel. Nous refusons de voir et nous fermons métaphoriquement les yeux. Nous refusons d'entendre et nous bouchons nos oreilles ; nous détournons en même temps la tête ; le nez et la bouche exécutent tous les mouvements de la répugnance et du refus. Les mains repoussent ou rejettent, la tête et les épaules s'agitent comme pour secouer un joug pesant ; enfin tous les signes de l'horreur et du dégoût physique, tous les signes d'une impatience poussée à son comble, peuvent se mêler à ces expressions et sont employés alors dans un sens figuré (2). »

Et ailleurs encore Gratiolet avait dit :

« Une proposition philosophique qui agrée est acceptée, une proposition fausse est rejetée par les yeux qui se ferment ou se détournent, par le nez et les lèvres qui semblent reje-

(1) Un autre écrivain a, au jugement de Gratiolet, très bien traité ce même sujet. C'est Engel dans un travail traduit en français et intitulé : *Lettres sur le geste et sur l'action théâtrale.* Malgré toutes mes recherches, je n'ai pu me procurer cet ouvrage.

(2) P. Gratiolet, ouvrage cité, p. 308-309.

ter des odeurs ou des saveurs mauvaises ; par les épaules qui s'agitent comme pour secouer un joug importun ; par les bras qui repoussent ; par le corps tout entier qui se rejette en arrière, se détourne ou s'éloigne comme il s'éloignerait d'un spectacle indigne d'être vu (1). »

Évidemment ces expressions rentrent dans les mouvements associés de Darwin, et lui-même s'en empare à l'appui de ses idées à cet égard.

« A cause de l'usage continuel des yeux, dit le savant anglais, ces organes sont particulièrement sujets à entrer en action par suite d'une association liée à divers états d'esprit, quoique manifestement il n'y ait rien à voir. Selon la remarque de Gratiolet, un homme qui rejette vivement une proposition, fermera presque certainement les yeux ou détournera son visage, mais s'il accepte la proposition, il inclinera la tête en signe d'affirmation et ouvrira largement les yeux. L'homme agit dans ce dernier cas comme s'il voyait clairement la chose, et dans le premier comme s'il ne la voyait on ne voulait pas la voir (2). »

Darwin admet donc pleinement la justesse de ces observations, mais ici encore les explications de Gratiolet sont bien plus précises et plus approfondies.

Pour Darwin les yeux se meuvent parce que l'habitude les ayant rendus particulièrement mobiles, leurs mouvements *s'associent* facilement à une situation d'esprit analogue à celle qui meut les yeux dans un but d'utilité directe. C'est

(1) P. Gratiolet, ibidem, p. 42.

(2) « From the continued use of the eyes, these organs are especially » liable to be acted on through association under various states of the mind, » although there is manifestly nothing to be seen. A man, as Gratiolet re- » marks, who vehemently rejects a proposition, will almost certainly shut » his eyes or turn away his face; but if he accepts the proposition, he will » nod his head in affirmation and open his eyes widely. The man acts in this » latter case as if he clearly saw the thing, and in the former case as if he » did not or would not see it. » Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 32.

bien ! Personne, sans doute, ne peut méconnaître le rôle de l'habitude dans ces sortes d'expressions. Mais est-ce bien là le point fondamental de la question ? Nous ne le pensons pas, et nous allons essayer, à la suite de Gratiolet, d'en convaincre nos lecteurs.

Le physionomiste français fait des phénomènes une analyse bien plus intelligible, et toutes les expressions indiquées s'expliquent par des considérations identiques avec celles que nous avons développées pour les mouvements symboliques.

Reprenons les expressions métaphoriques déjà décrites.

Dans le cas d'une proposition qui agrée, il pourra y avoir des mouvements de flair agréable. Ils annoncent que dans notre pensée la proposition peut être comparée *métaphoriquement* à un objet qui exhale une bonne odeur. Pour ces mouvements, la première condition de leur épanouissement est donc l'association d'*idées*, la *métaphore* qui existe dans l'esprit.

Les indices de gustation satisfaite révèlent la comparaison implicite de la proposition avec un mets savoureux.

Les mouvements du corps sont le résultat de l'idée d'un contact agréable.

Et dans le cas d'une proposition que l'on rejette, les yeux se ferment parce que la proposition est implicitement comparée dans l'esprit à un objet physique trop laid pour que le regard s'y arrête. Le mouvement expressif n'est ici que la traduction extérieure de la *métaphore* créée par la pensée, et voilà pourquoi Gratiolet dit avec tant de justesse : *nous fermons* MÉTAPHORIQUEMENT *les yeux*.

Nous détournons la tête par un sentiment analogue.

En exécutant, du nez et de la bouche, des mouvements de répulsion, nous obéissons à la comparaison qui nous représente la proposition comme un aliment répugnant que l'on nous offrirait. Nous lui attribuons une odeur désagréable, une saveur mauvaise.

Les épaules s'agitent parce que la proposition se présente sous l'image d'un joug pesant que l'on veut secouer.

Il est évident que l'association d'idées, la métaphore conçue implicitement dans l'esprit, est la condition indispensable à l'exécution de ces mouvements expressifs. Or, généralement cette première et indispensable association d'idées est à peine indiquée par Darwin ou même complétement négligée. Il se contente le plus souvent de dire que le mouvement purement expressif est, en vertu de l'habitude, amené par une situation d'esprit *analogue* à celle qui produit le mouvement réellement utile.

Mais Gratiolet ne se contente pas d'analyser avec une grande finesse toutes ces associations d'idées, ces métaphores mentales, il en développe avec une remarquable profondeur la cause générale, qui réside dans cette loi psychologique, à savoir, qu'il nous est indispensable de revêtir d'une forme sensible quelconque toutes nos notions intellectuelles, fussent-elles de la nature la plus abstraite. Tout cela est rendu vraiment palpable par les considérations variées présentées par Gratiolet, et de tout cela il n'y a pas un mot dans Darwin.

Quant à la raison immédiate du mouvement expressif produit, elle est manifestement la même qu'en ce qui regarde les expressions symboliques. Ici aussi la métaphore implique une image, une idée matérielle qui est, par comparaison, la représentation dans l'esprit, de la notion ou proposition quelconque agréée ou repoussée. Or, cette idée matérielle, malgré la fiction à laquelle elle doit son origine, est en tout semblable à l'idée qui serait éveillée par une perception sensible immédiate; et, par conséquent, en vertu de l'harmonie unissant les opérations de l'âme aux mouvements de nos organes, elle doit exciter aux mêmes mouvements, quoique généralement dans un degré fort affaibli.

On comprend, d'après cela, combien est peu fondé le reproche adressé par Darwin à Gratiolet, de méconnaître dans la théorie des mouvements expressifs, l'importance de l'habitude. Le savant professeur de la Sorbonne est trop sagace pour méconnaître le rôle de l'habitude, et même en ce qui regarde les phénomènes émotionnels, il appelle l'habitude,

comme nous l'avons vu plus haut, *une seconde nature*. Néanmoins dans tout ceci, il ne lui accorde qu'une valeur secondaire, et il a raison.

La théorie de Darwin, au contraire, pèche par deux côtés.

Et d'abord, ce savant exagère le rôle de l'habitude. L'habitude ne facilite certain mouvement, sous l'empire d'un sentiment déterminé, que par suite de la répétition des actes. Elle suppose donc à ce mouvement une cause antérieure toute différente, et cette cause réside dans la relation naturelle qui lie le mouvement au sentiment. Darwin, à la vérité, tient compte de cette relation pour la production des premiers mouvements posés volontairement dans un but d'utilité, mais dès le moment où ils deviennent *purement expressifs*, il méconnaît cette relation pour ne plus envisager que l'habitude. Il confond ainsi la facilité acquise à accomplir le mouvement avec sa véritable raison d'être immédiate que nous avons indiquée et qui est bien différente.

En second lieu, ainsi que nous l'avons dit plus haut, il n'envisage guère que l'association des mouvements à un état d'esprit déterminé, et néglige le plus souvent l'association première qui est impliquée dans ce même état d'esprit. Assimiler une notion abstraite à une odeur, à un aliment, à un fardeau, c'est manifestement le résultat d'une association. Seulement jamais dans le but de satisfaire un besoin ou un désir physique quelconque, l'homme n'a pu créer volontairement ces sortes d'associations d'idées. En somme tout cela, métaphores de la pensée et métaphores du geste, repose sur un fait, et *ce fait*, dit Gratiolet après Engel, *consiste dans une tendance innée de l'âme à rapporter ses idées intellectuelles aux matérielles, et à imiter par des modifications matérielles les modifications intellectuelles* (1).

La discussion de ces phénomènes est donc bien autrement complète chez Gratiolet que chez Darwin. Il n'est pas

(1) P. Gratiolet, *De la physionomie et des mouvements d'expression*, p. 310. 3e édition. Paris.

jusqu'à la division introduite par Gratiolet qui ne révèle un examen plus attentif des conditions de l'expression. En dernière analyse, dans les mouvements métaphoriques comme dans les mouvements symboliques, l'expression est suscitée par une idée matérielle ; mais dans les mouvements symboliques, l'imagination seule intervient, et par conséquent ces sortes d'expressions peuvent se rencontrer chez la bête comme chez l'homme, tandis que les expressions métaphoriques supposent la lumière de la raison, et par conséquent sont l'apanage exclusif du roi de la création (1). Il y avait donc de

(1) Gratiolet cependant a dit, p. 37 :

« Le geste de l'homme est plein de métaphores, et instinctivement les animaux en font aussi quelques-unes. »

A ce sujet, le Dr Fournié remarque :

« Quoi qu'en dise Gratiolet, le *geste métaphorique* si fréquent et si expressif chez l'homme, n'existe pas chez les animaux. » (Voir Dr Ed. Fournié, *Essai de psychologie : La bête et l'homme*, p. 188. Paris, 1877.

C'est parfaitement juste.

Mais nous devons dire que lorsque Gratiolet, dans son ouvrage, traite *ex professo* des mouvements métaphoriques, il n'y a, dans toute sa dissertation, pas une ligne, pas un mot qui puisse s'appliquer aux animaux. C'est un aigle qui ne cesse de planer dans les hautes sphères de la raison ; et certes, nul moins que le profond penseur de la Sorbonne n'est disposé à accorder aux animaux l'exercice des nobles facultés sur lesquelles s'appuie la grandeur intellectuelle de l'homme.

Comment donc cette petite phrase, qui est en opposition manifeste avec toutes les idées de Gratiolet, a-t-elle pu lui échapper?

Pour la décharge de l'éminent écrivain, nous devons dire que ce *lapsus* se trouve. non pas dans le travail principal qu'il a consacré à l'étude de la physionomie, mais dans une conférence faite à la Sorbonne quelques jours seulement avant sa mort, déterminée par une atteinte d'apoplexie, alors que les symptômes du mal redoutable s'étaient déjà déclarés. Cette conférence a été ajoutée comme introduction à l'ouvrage qui est une publication posthume.

Il faut d'ailleurs remarquer que Gratiolet aurait pu dans un certain sens peu rigoureux et impropre, appeler *métaphoriques* les expressions qui rentrent dans les mouvements symboliques. Si, par exemple, le terrier de Darwin. par une illusion de son imagination. ennoblit un morceau de biscuit jusqu'à l'élever à la qualité de charogne, on pourrait dire que les mouvements de la bête à cette occasion, sont des expressions figurées, métaphoriques, en ce

solides motifs à faire des classes distinctes de ces deux espèces de mouvements associés.

Continuons maintenant, afin de mieux pénétrer la théorie, l'examen d'autres expressions ou gestes métaphoriques.

C. — *Mouvements relatifs à l'association des idées de grandeur et de puissance, de petitesse et de faiblesse.*

Gratiolet a écrit sur les mouvements qu'entraîne l'association de l'idée de la grandeur physique à celle de la grandeur morale et de la puissance, quelques pages d'un vif intérêt, auxquelles nous voulons nous arrêter à présent.

« C'est une tendance invincible de l'homme, nous dit Gratiolet, de considérer comme choses inséparables la cause efficiente et le résultat de son activité. Dès lors, la manière dont une chose nous impressionne nous fait porter un jugement instinctif sur le degré de l'effet qu'elle est capable de produire, et réciproquement la manière dont un effet nous frappe détermine souvent et domine le jugement que nous portons sur sa cause; c'est ainsi que l'idée de puissance et celle de grandeur se développent dans l'esprit avec une telle analogie qu'elles nous semblent au premier abord identiques.

» Ce qui est grand, en effet, ayant sur nos sens une plus grande influence, nous sommes naturellement portés à attribuer à ce qui nous affecte par sa grandeur, plus d'activité et de puissance, et nous avons une certaine tendance à figurer la force sous des proportions colossales. Ne dit-on pas d'un homme qui a fait de belles et fortes actions, qu'il est un grand homme?..

» Il faut un acte de la réflexion ou l'idée vive de quelque

sens qu'ils répondent à l'évocation de l'image de la charogne appliquée à un objet tout différent. Sans doute, quand le savant professeur, dans sa conférence, a ainsi attribué aux animaux les métaphores du geste, il avait en vue quelque phénomène instinctif de ce genre. Mais incontestablement il n'y a pas là une véritable métaphore, et il est préférable de conserver, comme Gratiolet l'a d'ailleurs fait dans son ouvrage. la distinction en deux classes différentes, des expressions qui ne relèvent que de l'imagination et de celles qui, au contraire, supposent l'exercice des facultés supérieures de la raison.

qualité exceptionnelle occulte pour faire acception des petites choses. Concevoir une grande puissance dans une petite chose, c'est distinguer la puissance en tant que notion pure de l'esprit, c'est en un mot s'élever à une abstraction véritable. Aussi les gens du peuple ont-ils une inclination naturelle à mépriser les petits hommes, la petitesse et la médiocrité de la taille n'imposant point à l'imagination (1). »

A côté de la grandeur considérée comme condition de force, se placent naturellement, poursuit encore Gratiolet, *les signes immédiats de la force,* et parmi eux, *des allures grandes et libres, une puissance naturelle et spontanée qui se développe avec aisance* (2).

Et résumant toutes les considérations qu'il a développées à cet égard, le naturaliste français conclut quelques pages plus loin :

« Ainsi les idées de grandeur, de force et d'aisance, se développent comme choses corrélatives ; l'une suppose l'autre et elles sont en quelque façon inséparables. De là cette tendance naturelle qui nous porte à nous croire plus grands quand nous nous croyons plus forts. Ce sentiment fait que tous nos organes se redressent, et nous grandissons comme l'idée que nous avons de nous-mêmes (3). »

On le voit, dans la phrase finale, il y a, comme corollaire aux vues exposées, la clef de l'explication de tout un groupe de mouvements expressifs : lorsque nous nous croyons les plus forts, l'idée de force, par une association naturelle, éveille en nous une idée de grandeur : nous *incarnons*, selon une expression déjà employée, la force dans la grandeur physique. Enfin l'idée de grandeur étant éveillée, par suite de l'harmonie qui tend toujours à s'établir entre nos pensées et nos organes, *nous nous redressons et nous grandissons.*

(1) P. Gratiolet, *De la physionomie et des mouvements d'expression*, 3e édition, p. 312-313. Paris.

(2) Ouvrage cité, p. 314.

(3) P. Gratiolet, ouvrage cité, p. 317.

» C'est encore, nous dit un peu plus loin Gratiolet, dans le même sens et par suite des mêmes lois que nous disons : des pensées élevées, des pensées basses, une âme sublime, une âme dégradée. Pensons-nous à quelque chose de grand, que dis-je, à quelques-unes de ces idées auxquelles nous attachons métaphoriquement l'épithète de grandes, la liaison qui existe entre les mouvements du corps et ceux de la pensée nous porte à notre insu à nous grandir et à nous gonfler. Un panégyriste racontant les exploits d'un héros, se dresse de toute sa hauteur, et l'emphatique lenteur de ses paroles, un je ne sais quoi de redondant et de vaste dans le geste, traduisent métaphoriquement l'étendue d'une puissance majestueuse.

» Ces propositions ne sont pas vraies seulement quand on les envisage d'une manière directe, leurs réciproques elles-mêmes sont évidentes. Ainsi :

» Instinctivement nous unissons l'idée de faiblesse à celle de petitesse. Si nous nous sentons faibles, nous nous sentons petits ou plutôt nous nous sentons rapetisser. Le mouvement du corps suit ce mouvement de la pensée, toutes nos attitudes s'amoindrissent alors et l'organisme entier se rétracte (1). »

Il importe de le remarquer, il ne s'agit pas seulement ici de la faiblesse physique, mais encore du sentiment de la faiblesse ou petitesse morale qui entraîne aussi métaphoriquement l'attitude naturelle à la faiblesse physique.

Ainsi les mouvements du corps expriment métaphoriquement nos sentiments,

Peindre le sentiment que l'on a de sa force en se redressant, autant que possible, pour grandir la taille, c'est déjà employer une expression figurée, puisque nous exprimons la force par ce qui n'en est qu'un signe plus ou moins constant (2).

(1) P. Gratiolet, ouvrage cité, p. 319-320.

(2) A parler rigoureusement, il faudrait appeler cela une expression *métonymique*. Mais il ne s'agit pas ici de faire une dissertation sur les tropes, et nous appelons d'une manière générale, avec Gratiolet, mouvements métaphoriques tous les mouvements expressifs qui impliquent une figure.

Mais nous entrons dans la métaphore proprement dite, dès le moment où nous exprimons la grandeur morale par les attributs de la force et de la grandeur physique, et la faiblesse morale par l'attitude de la faiblesse physique.

Ces gestes et ces attitudes *métaphoriques* correspondent d'ailleurs aux mouvements utiles associés de Darwin, car les mouvements que nous venons de décrire, se rapportent, dans leur signification essentielle et primitive à l'attitude naturelle et aux exigences d'une taille grande ou infime. Celui qui est de haute stature doit abaisser le regard pour s'entretenir avec ceux qu'il domine, et la fierté et l'orgueil tendent à nous faire redresser pour pouvoir également abaisser le regard sur ceux qui nous entourent. Celui qui est petit, est dominé par les autres et son regard se porte sur eux de bas en haut : de même le sentiment de notre peu de valeur, de notre petitesse morale nous porte à nous amoindrir, à nous rapetisser, afin d'avoir l'attitude qui convient à une petite taille.

D. — *Expression de la prière.*

Mais il n'est peut-être pas de mouvements expressifs dont l'explication soit plus claire dans cet ordre d'idées, que les mouvements associés à la prière, soit qu'elle s'adresse à la Divinité, ce qui en est l'expression la plus élevée, soit qu'elle s'adresse à l'homme.

« L'homme qui prie, dit Gratiolet... a l'idée de la puissance de celui qu'il implore et en même temps le sentiment de sa faiblesse relative ; instinctivement, pour rendre plus sensibles cette grandeur et cette faiblesse, il se fait plus petit, il se prosterne, il s'anéantit ; dans cet état d'abaissement, ses yeux tournés vers celui qu'il implore, semblent regarder le ciel même (1). »

On peut, sans doute, prier Dieu debout; mais souvent, pour mieux marquer notre dépendance, nous nous agenouil-

(1) P. Gratiolet, *De la physionomie et des mouvements d'expression*, 3e édition, p. 54. Paris.

lons; souvent aussi nous étendons les mains comme pour recevoir la grâce implorée, et nous les joignons comme pour la saisir.

Or, on voit immédiatement d'après les principes posés plus haut combien tout cela est naturel et intelligible.

Dans la prière, il y a d'abord le sentiment de la puissance de l'être invoqué. Mais, comme nous l'avons montré, l'idée de puissance, en vertu du principe qui suppose une proportionnalité entre les effets et leur cause, se lie naturellement à celle de grandeur. De là nécessairement, pour invoquer Dieu, les yeux s'élèveront.

Dans la prière, il y a aussi le sentiment de notre faiblesse relative, et celui-ci, en vertu du principe posé plus haut, entraîne corrélativement l'éveil de l'idée de petitesse. Pour mettre donc notre corps à l'unisson de nos idées, nous nous faisons *plus petits*, *nous nous prosternons*.

Enfin, comme nous prions pour obtenir quelque chose, la faveur demandée, figurée métaphoriquement comme un objet palpable, nous fait étendre les mains pour la recevoir, ou les joindre pour la saisir.

Toutes ces choses découlent si manifestement des lois qui régissent les mouvements métaphoriques qu'il semble que tout le monde aurait dû les trouver. Et cependant il s'en faut de beaucoup qu'il en soit ainsi.

Sir Ch. Bell considère comme fondamental, dans l'expression de la prière, le regard qui se porte en haut. Or, comme dans le sommeil et, en général, lorsque la volonté ne commande plus aux mouvements de l'œil, celui-ci se relève naturellement en haut et un peu en dedans, Ch. Bell, dans la direction des yeux pendant la prière, ne voit aussi qu'un effet involontaire, comparable à ceux qu'amène le sommeil. Voici comment s'exprime l'illustre physiologiste :

« Il y a deux groupes de muscles qui gouvernent les mouvements du globe de l'œil. Quatre muscles droits, attachés à des points opposés par deux, combinent leur action de manière à le mouvoir dans chaque direction requise pour la

vision; et ces muscles sont soumis à la volonté. Lorsque les muscles droits, par fatigue ou épuisement, cessent de diriger l'œil, deux autres muscles le font tourner en haut sous la paupière : ce sont les muscles obliques. Par suite, dans le sommeil, la syncope, aux approches de la mort, lorsque les quatre muscles volontaires cessent d'agir et que l'insensibilité se répand sur la rétine, les muscles obliques l'emportent, et la pupille se tourne en haut de manière à ne laisser voir que le blanc de l'œil...

» Nous comprenons donc que, dans les moments où nous sommes absorbés dans des sentiments de piété et où les impressions extérieures passent inaperçues, les yeux s'élèvent par une action qui n'est ni enseignée, ni acquise (1). »

Sir Ch. Bell ne méconnaît pas, d'ailleurs, le caractère naturel des mouvements associés à la prière, mais il rattache les autres détails au point que nous venons d'indiquer.

Darwin rejette les vues de Sir Ch. Bell, et ne veut trouver dans les mouvements associés à la prière que des faits purement conventionnels. Écoutons d'ailleurs le naturaliste anglais lui-même :

« La dévotion s'exprime surtout, dit Darwin, en ce que le visage est tourné vers les cieux, avec les yeux dirigés en

(1) « There are two sets of muscles which govern the motions of the eye-
» ball. Four straight muscles, attached at cardinal points by combining their
» action, move it in every direction required for vision; and these muscles
» are subject to the will. When the straight muscles, from weariness or ex-
» haustion, cease to guide the eye, two other muscles operate to roll it up-
» wards under the eyelid : these are the oblique muscles. Accordingly, in
» sleep, in fainting, in approaching death, when the four voluntary mus-
» cles resign their action, and insensibility creeps over the retina, the oblique
» muscles prevail, and the pupil is revolved, so as to expose only the white
» of the eye. . . . . .

» We thus see that, when wrapt in devotional feelings, and when out-
» ward impressions are unheeded, the eyes are raised by an action neither
» taught nor acquired. » Sir Ch. Bell, *The anatomy and philosophy of expression as connected with the fine arts*, 6th edition, p. 102-103. London, 1872.

haut. Sir Ch. Bell remarque qu'aux approches du sommeil, ou d'une syncope ou de la mort, les pupilles se dirigent en haut et en dedans, et il pense que *dans les moments où nous sommes absorbés dans des sentiments de piété et où les impressions extérieures passent inaperçues, nous élevons les yeux par un acte qui n'a été ni enseigné ni acquis*; et que cela est dû à la même cause que dans les cas précédents. Que les yeux sont tournés en haut durant le sommeil, c'est une chose certaine, comme me l'apprend le professeur Donders. Chez les petits enfants qui sucent le sein de leur mère, ce mouvement des yeux leur donne souvent une risible apparence de félicité extatique; et l'on peut voir clairement qu'il y a alors une lutte continuelle pour empêcher la position qu'amène naturellement le sommeil. Mais, d'après le témoignage du professeur Donders, expliquer le phénomène à la manière de Sir Ch. Bell, en s'appuyant sur la supposition que certains muscles sont plus que d'autres sous le contrôle de la volonté, est une vue inexacte. Puisque les yeux sont souvent dirigés en haut dans la prière, alors que l'esprit n'est pas absorbé dans la méditation au point d'approcher de l'état inconscient du sommeil, ce mouvement est probablement conventionnel, et doit être considéré comme le résultat de la croyance vulgaire que le Ciel, siége de la Puissance divine que nous invoquons, est situé au-dessus de nous.

» Une humble posture à genoux, avec l'élévation des mains jointes, nous apparaît, par suite d'une longue habitude, une attitude si appropriée à la piété, qu'on pourrait la croire innée; cependant je n'ai rencontré aucun fait à l'appui de cette manière de voir chez les différentes races humaines étrangères à l'Europe. Pendant la période classique de l'histoire romaine, il ne paraît pas, m'assure un excellent humaniste, que l'on joignît ainsi les mains durant la prière. M. Hensleigh Wedgwood a probablement donné la vraie explication, quoique sa théorie tende à faire considérer cette attitude comme l'expression d'une soumission servile. *Lorsque le suppliant s'agenouille et qu'il élève ses mains jointes,*

il représente un captif qui prouve sa complète soumission en présentant au vainqueur ses mains à lier. C'est la représentation fidèle du latin dare manus, *comme formule expressive de la soumission* (1). Ainsi ni élever les yeux, ni joindre les mains sous l'influence de sentiments de piété, ne sont probablement des actions innées ou vraiment expressives. Et, en effet, il n'aurait guère été permis de le supposer, car il est vraiment douteux que des sentiments comme ceux que nous appelons maintenant pieux, aient impressionné les cœurs des hommes lorsque, dans les temps passés, ils vivaient dans une condition barbare (2). »

(1) *The origin of language*, 1866, p. 146.

(2) « Devotion is chiefly expressed by the face being directed towards the » heavens, with the eyeballs upturned. Sir Ch. Bell remarks that, at the » approach of sleep, or of a fainting-fit, or of death, the pupils are drawn » upwards and inwards; and he believes that *when we are wrapt in devo-* » *tional feelings, and outward impressions are unheeded, the eyes are* » *raised by an action neither taught nor acquired*; and that is due to » the same cause as in the above cases. That the eyes are upturned during » sleep is, as I hear from Professor Donders, certain. With babies, whilst » sucking their mother's breast, this movement of the eyeballs often gives to » them an absurd appearance of ecstatic delight; and here it may be clearly » perceived that a struggle is going on against the position naturally assu- » med during sleep. But Sir C. Bell's explanation of the fact, which rests on » the assumption that certain muscles are more under the control of the will » than others is, as I hear from Professor Donders, incorrect. As the eyes are » often turned up in prayer, without the mind being so much absorbed in » thought as to approach to the unconsciousness of sleep, the movement is » probably a conventional one, — the result of the common belief that » Heaven, the source of Divine power to which we pray, is seated above us.

» A humble posture, with the hands upturned and palms joined, appears » to us, from long habit, a gesture so appropriate to devotion, that it » might be thought to be innate; but I have not met with any evidence to » this effect with the various extra-European races of mankind. During the » classical period of Roman history it does not appear, as I hear from an » excellent classic, that the hands were thus joined during prayer. M. Hens- » leigh Wedgwood has apparently given the true explanation, though this » implies that the attitude is one of slavish subjection. *When the suppliant* » *kneels and holds up his hands with the palms joined, he represents a*

Si le lecteur établit un parallèle entre ces explications de Ch. Bell et de Darwin, et celle que nous avons développée d'après les idées de Gratiolet, il lui sera facile d'apprécier leur valeur comparative.

Il est évident que Sir Ch. Bell fait erreur en considérant l'élévation des yeux dans la prière comme un acte toujours involontaire. Il est certain que, dans la plupart des cas, nous avons parfaitement conscience de la direction de nos regards en haut pendant la prière, et que c'est là un acte voulu. Peut-être pourtant parfois, dans l'extase complète par exemple, le mouvement des yeux pourrait-il être attribué à la cause indiquée par Ch. Bell.

Quant à Darwin, quoique sur ce point particulier il ne cite pas Gratiolet, il l'a cependant lu et les considérations qu'il présente, tendent à le réfuter. Mais il nous sera bien facile de montrer que toutes ces considérations laissent intacte l'explication que nous avons donnée.

La thèse de Darwin est qu'il ne faut voir dans les mouvements associés à la prière que quelque chose de *conventionnel;* que ce ne sont pas là des actions *innées et vraiment expressives.*

On nous en donne différentes raisons :

D'abord, *puisque*, nous dit Darwin, *les yeux sont souvent tournés en haut dans la prière, sans que nous soyons absorbés dans nos pensées au point de perdre la conscience de nos actes comme dans le sommeil, le mouvement est probablement conventionnel et doit être le résultat de la*

» *captive who proves the completeness of his submission by offering up* » *his hands to be bound by the victor. It is the pictorial representation* » *of the Latin* dare manus, *to signify submission.* Hence it is not probable » that either the uplifting of the eyes or the joining of the open hands, under » the influence of devotional feelings, are innate or truly expressive actions: » and this could hardly have been expected, for it is very doubtful whether » feelings, such as we should now rank as devotional, affected the hearts of » men, whilst they remained during past ages in an uncivilized condition. »
Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 220-221.

croyance vulgaire que le ciel, siége de la Puissance divine qui est invoquée, est situé au-dessus de nous.

Voilà certes un raisonnement qui n'établit pas du tout la thèse. Si nos yeux sont souvent tournés en haut dans la prière, sans que nous soyons complétement absorbés dans nos pensées, il en résulte que l'explication de Ch. Bell est inadmissible dans certains cas; mais c'est tout. Cela ne prouve en *en aucune façon* que l'expression considérée soit conventionnelle. Au contraire, toutes les idées présentées à cet égard par Gratiolet, restent parfaitement debout.

Il ne reste, en effet, pas moins établi que, par une loi qui domine notre intelligence, nous associons naturellement l'idée de *puissance* à celle de *grandeur*. Par suite, dès le moment où nous nous adressons à un être invisible très puissant, il est naturel que nous symbolisions la puissance dans les attributs de la grandeur, et que par suite nous élevions le regard pour lui parler : c'est un geste métaphorique exécuté par l'œil. Rien de cela n'est conventionnel, mais dépend de l'harmonie même qui unit les mouvements du corps aux opérations de l'esprit.

La raison subsidiaire alléguée par Darwin est tout aussi inopérante. *Nous tournons nos regards en haut dans la prière*, pense le naturaliste anglais, *parce que la croyance vulgaire y place le siége de la Divinité.*

Il faut ici distinguer :

Métaphoriquement, nous plaçons la Divinité en haut des cieux, non par une convention, mais par une suite naturelle de l'association de l'idée de puissance avec celle de grandeur.

Mais, en réalité, la croyance indiquée par Darwin n'existe pas du tout. Chez toutes les nations qui ont une idée épurée de la Divinité, tout le monde sait que Dieu est partout, et qu'il n'est pas plus en haut qu'en bas. Parmi les nations chrétiennes, les enfants eux-mêmes savent cela.

Quant à la position à genoux et à l'élévation des mains jointes, Darwin rejette comme improbable l'opinion qui y verrait des *actions innées ou vraiment expressives*, parce

que cette attitude n'est pas prouvée chez toutes les races, et ne paraît pas avoir été en usage durant la période classique de l'histoire romaine. Il invoque également ces souvenirs classiques en faveur de sa thèse relativement à l'élévation des yeux dans la prière.

Mais on conçoit fort bien que le type idéal de la prière doit se reproduire infiniment plus rarement chez les races qui font leurs dieux d'êtres de toutes sortes, souvent même inférieurs à l'homme. Comment veut-on, par exemple, qu'un Égyptien ait élevé les mains vers le ciel pour invoquer un chat qui se trouvait à ses pieds? Darwin lui-même réfute son argument tout en cherchant à le confirmer, lorsqu'il nous dit que chez les peuples à l'état barbare les sentiments pieux n'ont guère dû émouvoir les cœurs. Précisément parce que les mouvements associés à la prière sont des actions *vraiment expressives* et n'ont *rien de conventionnel*, ils doivent faire défaut dès le moment où les sentiments qui leur correspondent, sont eux-mêmes absents.

Quant aux Romains et aux Grecs de l'époque classique, nous admettons facilement que les mouvements de la prière qui par des associations déjà décrites, impliquent un grand sentiment de la puissance de l'être invoqué, et surtout celui d'une grande faiblesse relative chez le suppliant, ne devaient guère d'ordinaire se manifester aussi complétement que chez les nations chrétiennes. Cependant Darwin va ici beaucoup trop loin, et les témoignages sur lesquels il s'appuie n'ont pas, tout le monde en conviendra, la valeur qu'il leur accorde.

Il est certain que les Romains savaient très bien se prosterner en face des autels de leurs dieux. *Ils faisaient leurs prières debout ou prosternés*, nous dit Bridaut (1).

Quant aux supplications à genoux adressées aux hommes, rien de plus commun dans la littérature classique.

(1) Bridaut, *Mœurs et coutumes des Romains*, tome I, p. 29. Paris, 1767.

Tite-Live nous représente les habitants de Sutrium vaincus par l'Étrurie, *se jetant aux pieds* de Camille qui vient à leur secours.

> Cui cum se mœsta turba *ad pedes provolvisset.*
> Tite-Live, Liv. VIII.

Dans *Œdipe roi*, le chœur, *au nom des dieux*, *conjure à genoux* le devin Tirésias de ne pas refuser le concours de ses lumières :

> Μὴ, πρὸς θεῶν, φρονῶν γ' ἀποστραφῇς, ἐπεὶ
> πάντες σε προσκυνοῦμεν οἵδ' ἱκτήριοι (1).
> Sophocle, *Œdipe roi.*

Homère, de même, nous dépeint Ulysse *implorant à genoux* le secours de Nausicaa.

> Γουνοῦμαι σε, ἄνασσα · θεός νύ τις ἢ βροτός ἐσσι (2).
> *Odyssée*, VI.

Lorsque surtout il s'agit de fléchir un vainqueur redouté pour en obtenir merci, rien certes n'est plus fréquent, dans la littérature classique, que de voir les vaincus se jeter aux genoux du vainqueur.

Prenons pour exemple Quinte-Curce. Après la défaite de Darius par Alexandre, la mère et la femme du premier le crurent tué. Alexandre, pour les rassurer, leur envoie Leonnatus, et au moment où celui-ci entre dans l'appartement des reines, celles-ci *se jettent à ses pieds et le supplient* de leur laisser la vie jusqu'à ce qu'elles aient enseveli Darius selon les usages de leur patrie :

> Itaque mater et conjux *provolutæ ad pedes orare cœperunt*, ut priusquam interficerentur, Darii corpus ipsis patrio more sepelire permitteret.
> Quinte-Curce, Liv. III.

(1) Littéralement : *Par les dieux, ne te détourne pas possédant la sagesse, puisque nous tous ici suppliants nous nous prosternons devant toi.*

(2) Littéralement : *Princesse, je m'agenouille devant toi, qui que tu sois, déesse ou mortelle.*

De même les délégués des Helvétiens envoyés vers César pour traiter de leur reddition, *se jettent à ses pieds au moment où ils le rencontrent, et d'un ton suppliant sollicitent la paix en pleurant* :

Qui cum eum in itinere convenissent, seque ad pedes projecissent, suppliciterque locuti flentes pacem petissent...
Commentaires de César, *Guerre des Gaules*, Liv. I.

Dans Homère, au moment où Agamemnon se précipite sur les deux frères Pisandre et Hippoloque, nous les voyons *du haut de leur char suppliant à genoux* leur terrible ennemi :

τὼ δ'αὖτ' ἐκ δίφρου γουναζέσθην (1).
Iliade, Chant XI.

En ce qui regarde l'élévation des yeux dans la prière, on ne comprend pas comment Darwin croit pouvoir la nier. Les témoignages qu'il cite, ne disent pas un mot relativement à la direction des yeux.

Il est certain, au contraire, que l'élévation des yeux et surtout l'élévation des mains vers le ciel, sont des gestes fréquemment indiqués par les classiques latins et grecs, comme associés à l'invocation.

C'est ainsi que Virgile nous décrit Sinon prenant à témoin les astres en élevant les mains :

Sustulit exutas vinclis ad sidera palmas.
Énéide, Liv. II.

Et dans sa prière à Jupiter, Anchise élève tout à la fois les yeux et les mains :

At pater Anchises oculos ad sidera lætus
Extulit, et cælo palmas cum voce tetendit :
« Jupiter omnipotens, precibus si flecteris ullis,
Adspice nos. *Énéide*, Liv. II.

(1) Littéralement : *Et alors les deux, de leur char, suppliaient à genoux.*

De même Énée en face de l'incendie de ses vaisseaux, élève les mains en priant :

> Tum pius Æneas humeris abscindere vestem,
> Auxilioque vocare Deos, et tendere palmas.
>
> *Én.* Liv. V.

Ces sortes de citations pourraient être étendues indéfiniment.

Homère n'est pas moins explicite.

Il nous dit, par exemple, que Chrysès, lorsqu'on lui eut rendu sa fille, *priait à haute voix* pour les Grecs, *après avoir élevé les mains* :

> Τοῖσιν δὲ Χρύσης μεγάλ' εὔχετο, χεῖρας ἀνασχών (1).
>
> *Iliade*, I.

De même, au moment où l'on va tirer au sort pour décider qui des deux, de Pâris ou de Ménélas, lancerait le premier son javelot, Homère nous dépeint les peuples *priant* de part et d'autre, *et élevant les mains vers les dieux :*

> Λαοὶ δ'ἠρήσαντο, θεοῖσῖ δὲ χεῖρας ἀνέσχον (2).
>
> *Iliade*, III.

Au moment également où il s'agit de savoir qui, parmi les guerriers grecs, combattrait Hector, nous voyons les peuples *prier* et *élever les mains vers les dieux ;* mais ici Homère mentionne de plus que chacun *avait porté le regard vers le ciel :*

> Λαοὶ δ'ἠρήσαντο, θεοῖσι δὲ χεῖρας ἀνέσχον ·
> ὧδε δέ τις εἴπεσκεν, ἰδὼν εἰς οὐρανὸν εὐρύν ·
> « Ζεῦ πάτερ,.. (3).
>
> *Iliade*, VII.

(1) Littéralement : *Mais Chrysès priait fort pour eux, après avoir élevé les mains.*

(2) Littéralement : *Alors les peuples prièrent, et élevèrent les mains aux dieux.*

(3) Littéralement : *Or les peuples prièrent, et élevèrent les mains aux dieux ; et chacun dit ainsi ayant regardé vers le vaste ciel : Jupiter père...*

Enfin encore lorsque les Grecs poursuivis par Hector, se décident à s'arrêter pour attendre l'ennemi, Homère nous les représente *comme élevant les mains vers tous les dieux et priant chacun à haute voix :*

Πᾶσι θεοῖσι
χεῖρας ἀνίσχοντες, μεγάλ' εὐχετόωντο ἕκαστος (1).
Iliade, VIII.

Il faut, d'ailleurs, remarquer que par suite de l'harmonie qui relie naturellement les gestes et les mouvements du corps, il n'est guère possible que l'on prie en élevant les mains vers le ciel, sans que le regard suive plus ou moins le mouvement des bras et se porte également en haut.

Nous nous arrêtons là.

Mais les gestes les plus caractéristiques de la prière fussent-ils moins répandus qu'ils ne le sont effectivement, il ne s'ensuivrait en aucune façon qu'on dût les considérer comme n'étant pas innés.

Quelles sont, en effet, les expressions qui doivent être appelées innées ?

Évidemment celles qui, étant donné un sentiment, se produisent, non par une convention, mais en vertu même des lois de notre organisation et de la liaison naturelle qui unit l'action de nos organes aux opérations de l'intelligence. Or, nous avons montré que tel est ici le cas.

Pour le même motif, toute l'attitude ordinaire de la prière est *vraiment expressive*.

Quant à l'explication donnée par H. Wedgwood et que Darwin croit la vraie, on s'étonne que de telles choses puissent être prises au sérieux.

On nous dit que s'agenouiller avec les mains jointes pour prier, n'est qu'une expression imitée de la manière de se rendre après les combats.

(1) Littéralement : *Élevant les mains à tous les dieux, ils priaient chacun fort.*

Mais, d'abord, toutes les races civilisées qui prient à la manière indiquée, ne descendent pas, je suppose, de captifs dont les enfants et les arrière-petits-fils auraient imité les gestes. Et puis ces ancêtres putatifs n'auront pas non plus, sans doute, passé leur vie à exécuter la pantomime d'un captif qui se livre à son vainqueur. Or, comment un acte *isolé* dans la vie d'un homme pourrait-il créer des habitudes qui se transmettraient ainsi d'une manière si universelle ?

Ce qui est surtout étonnant dans l'argument de H. Wedgwood et de Darwin, c'est qu'ils n'ont pas remarqué que cette prétendue explication soulève justement le même problème que l'ensemble des mouvements de la prière.

Présenter ses mains à lier au vainqueur, *dare manus*, n'implique pas précisément la position à genoux, ni même l'élévation des mains jointes. Pour signifier l'absence complète de résistance, il suffit de présenter les mains à lier sans les élever et sans se mettre à genoux.

C'est ainsi que Virgile, lorsqu'il nous dit que Liger, le frère de Lucagus, implorait Énée pour obtenir la vie sauve, ne nous le présente pas à genoux, mais *tendant* simplement *ses mains désarmées* au vainqueur :

Frater tendebat inermes
Infelix palmas . . . . . .
Énéide, Liv. X.

Il y a plus : dans la très grande majorité des cas, lorsque les vaincus tendent les mains vers le vainqueur, il n'y a là qu'une attitude de suppliant, et il n'est nullement question de lier les mains.

Ainsi lorsque César dirige son armée contre les Bellovaques, les anciens, parmi ceux-ci, sortis de la ville, viennent au-devant du général romain pour se rendre, et *tendent les mains vers lui :*

Omnes majores natu ex oppido egressi, *manus ad Cæsarem tendere* et voce significare cœperunt, sese in ejus fidem ac potestatem venire.
Commentaires de César, *Guerre des Gaules.* Liv. II, n. XIII.

Et au moment où César arrive et établit son camp tout près de la ville, *les enfants et les femmes du haut du mur, étendaient les mains pour implorer la paix à leur manière :*

Cum ad oppidum accessisset castraque ibi poneret, *pueri mulieresque ex muro, passis manibus, suo more, pacem a Romanis petierunt.*
Ibidem.

Or, évidemment il ne pouvait être question pour ces femmes et ces enfants de présenter, du haut du mur, leurs mains à lier par les Romains.

Mais nous admettons parfaitement qu'à des époques où la victoire était le plus souvent accompagnée de procédés barbares et cruels à l'égard des vaincus, le malheureux captif, effrayé sur son sort, ait été souvent empressé, non-seulement à tendre les mains, mais à s'agenouiller en élevant les mains jointes vers le vainqueur, non pas pour témoigner seulement de son renoncement complet à toute idée de résistance, mais surtout pour implorer grâce et merci. Dès le moment où le vaincu, au lieu de présenter seulement ses mains à lier, s'agenouille devant le vainqueur, et prend, selon l'expression de H. Wedgwood lui-même, l'attitude d'un *suppliant*, il n'y a plus seulement l'acte de se rendre, mais toute cette attitude est principalement et essentiellement une prière.

Nous retombons donc encore dans l'expression la plus caractéristique de la prière, mais de la prière adressée à un homme. Or, ici comme dans la prière qui s'adresse à la Divinité, tous les mouvements s'expliquent par les associations métaphoriques si bien développées par Gratiolet. Le vaincu se sent faible, et l'idée de faiblesse éveillant celle de petitesse, le corps tend à suivre le mouvement de la pensée. Et comme corrélativement au sentiment de sa faiblesse, le vaincu a celui de la puissance de son vainqueur qui peut lui faire merci, le suppliant se prosterne et il étend les mains pour recevoir la grâce implorée.

Mais les Romains et les Grecs *lorsqu'ils priaient les dieux,* avaient-ils les mains jointes ?

Nous pensons qu'à proprement parler, le plus souvent ils ne joignaient pas les mains, mais du moins ils les tenaient parfois si rapprochées qu'au point de vue métaphorique, la signification de ce geste est évidemment la même que celle des mains jointes.

« En priant, nous dit Anthony Rich, les Grecs et les anciens Romains se tenaient ordinairement debout, les deux mains levées vers le ciel,... rapprochées l'une de l'autre et complétement ouvertes (1). »

Et il en donne comme exemple la figure qui représente Anchise dans le Virgile du Vatican, figure où les mains sont rapprochées au point de paraître jointes.

Nous ferons remarquer une autre attitude de prière fréquemment indiquée par les classiques, celle où le suppliant embrasse les genoux de l'être invoqué, homme ou divinité. Manifestement ce geste a le même sens métaphorique que les mains jointes.

Au reste, les attitudes de la prière qui s'écartent de notre manière ordinaire, ne sont pas moins naturelles, ni moins expressives, et n'ont pas été moins répandues, même parmi les chrétiens.

« Les premiers chrétiens, dit M. Reusens, avaient coutume de prier *debout*, les mains étendues et élevées vers le ciel. La plupart des monuments chrétiens primitifs offrent des fidèles des deux sexes, et surtout des femmes, représentés dans cette attitude. Ces figures qui ont reçu le nom d'*orantes* (du mot latin *orare*, prier), se distinguent par l'élégance et la richesse de leurs vêtements (2). »

(1) Anthony Rich, *Dictionnaire des antiquités romaines et grecques* (traduction de l'anglais sous la direction de M. Chéruel), p. 509. Paris, 1873.

(2) E. Reusens, *Éléments d'archéologie chrétienne*, tome I, p. 111. Louvain, 1872.

Cette coutume des chrétiens primitifs prouve encore que l'habitude de s'agenouiller avec les mains jointes, n'a pu avoir l'origine alléguée par Darwin. Car si elle était dérivée de la manière de supplier des captifs pendant la période classique, elle eût régné plus particulièrement pendant les premiers siècles de l'ère chrétienne, ce qui n'est pas.

Aujourd'hui encore, dans la liturgie catholique, le prêtre prie le plus souvent dans l'attitude des *orantes*.

Le sentiment de la dévotion est très complexe; et lorsque nous prions, nous révélons par notre attitude l'impression qui nous domine particulièrement. C'est ainsi que nous avons vu le dégoût moral, provoqué par une proposition choquante, se traduire tantôt par des actes simulant l'expuition ou le vomissement, tantôt par les yeux qui se ferment comme si l'être était indigne d'un regard, tantôt par les mains et les épaules dont les mouvements semblent écarter un objet déplaisant ou secouer un fardeau importun; et quoique ces détails soient très disparates et se trouvent rarement tous réunis, ils ne doivent pas moins être considérés comme appartenant à l'expression naturelle du dégoût, qu'ils peignent métaphoriquement d'une manière parfaitement intelligible.

Il en est de même de la prière dont les attitudes diverses, bien que fort différentes entre elles, sont toutes naturelles. Seulement il n'est pas douteux que dans la prédominance de telle ou telle attitude, selon les temps et les lieux, l'imitation et l'habitude n'ait une large part.

Cela n'empêche pas ces expressions d'avoir leurs raisons d'être, indépendantes de toute convention. On doit donc à cet égard les envisager comme étant essentiellement innées.

En somme donc l'attitude suppliante des captifs n'est pas l'origine de certains mouvements de la prière; elle s'explique, au contraire, elle-même par la théorie de la prière, dont elle n'est qu'un cas particulier.

E. — *Expression du mépris.*

Voyons aussi comment Gratiolet applique ses vues à l'explication des gestes du mépris.

« Ne voyez-vous pas, nous dit le savant du Muséum, que dans le mépris les métaphores du geste expriment une répulsion universelle? Voyez comme les yeux du méprisant se détournent et regardent de haut! le nez se plisse sur les côtés, les narines se relèvent comme pour repousser une odeur importune; la bouche rejette, crache, vomit, et dans

certains cas se ferme expressément comme pour se mettre en défense; le corps se détourne, les mains s'opposent à l'objet ou à l'idée méprisés avec une énergie contenue par une sorte de dégoût, tout le corps, en un mot, rejette métaphoriquement ce que l'esprit a rejeté (1). »

Ainsi tous ces détails de l'attitude méprisante ne sont que la traduction, par le geste, des métaphores qui existent dans la pensée à l'endroit de l'être méprisé.

Les yeux se détournent, et comme le dit ailleurs Gratiolet, « l'œil qui est le plus voisin de l'objet se contracte, si bien qu'on ne regarde plus qu'avec l'*œil opposé défendu par la saillie du nez* (2), » comme si l'organe visuel avait besoin d'être défendu, autant que possible, contre la vue malfaisante de l'être méprisé. Cette remarque est d'une grande finesse.

Les narines, par leurs mouvements, annoncent l'association de l'idée d'une mauvaise odeur. L'objet du mépris est perçu comme fétide, et l'on se protége contre ses effluves.

Il est perçu aussi comme un mets répugnant, et la bouche exécute par suite tous les mouvements propres à l'expuition et même au vomissement.

Enfin il semble que l'être méprisé menace d'un contact pénible et dangereux, et tout le corps et les mains s'agitent pour le repousser.

F. — *Attention aux idées abstraites.*

Gratiolet a également décrit avec une grande justesse d'observation, les signes métaphoriques qui, suivant les diverses circonstances, accompagnent l'attention de l'esprit à des idées abstraites. Nous ne pouvons tout citer, et pourtant il n'est guère possible d'analyser parce que la rédaction de l'écrivain français, tout en disant ce qu'il faut pour être parfaitement clair, est pourtant toujours sobre, précise et exempte de toute redondance, tandis que Darwin est souvent

(1) P. Gratiolet, *De la physionomie et des mouvements d'expression*, p. 51-52.

(2) Ouvrage cité, p. 370.

un peu diffus. Nous nous contenterons de rapporter le passage le plus saillant :

« 1° L'attention de l'esprit à des idées abstraites, dit Gratiolet, est nécessairement accompagnée de signes extérieurs d'attention. Ces signes sont modifiés dans le même sens que ceux de l'attention symbolique.

» Il serait superflu d'insister sur cette proposition dont l'évidence est immédiate.

» 2° Si l'idée est claire, présente, et, si j'ose le dire ainsi, en la puissance de l'esprit, le corps est fixé dans l'attitude de l'attention facile.

» 3° Si l'idée est mal définie, si elle échappe et fuit comme une ombre, l'esprit semble la suivre et le corps imite ce mouvement.

» Or, il se produit à cet égard des modifications d'un sens admirable. C'est ainsi que dans l'analyse d'un problème un peu compliqué, l'œil semble regarder avec insistance et exécute automatiquement tous les mouvements qui correspondent à la vision difficile. Au moment où l'attention cherche à se fixer, l'œil paraît chercher en même temps quelque objet fort éloigné du corps. A mesure que les choses deviennent plus distinctes, cet objet semble se rapprocher de plus en plus; si bien qu'au moment où la pensée est arrivée au point de décomposer l'idée première en ses éléments les plus subtils, les yeux passent à l'attitude de la vision myope et convergent avec une intensité plus ou moins grande.

» De même un homme attentif à un raisonnement ardu fait mine d'écouter et d'écouter avec une scrupuleuse insistance, bien que le discours soit haut et intelligible. Tous les signes de l'audition difficile se développent alors sur la face, dont l'expression rappelle celle d'un homme sourd qui s'efforce d'entendre.

» 4° Si l'idée est fort compliquée, en même temps que l'esprit en suit tous les détours, le regard et le doigt élevé

semblent suivre le fil conducteur de quelque méandre très compliqué (1). »

Après tout ce que nous avons déjà dit, nous croyons superflu de montrer comment toute cette mimique de l'attention de l'esprit à des idées abstraites, n'est que le résultat d'associations métaphoriques qui occupent la pensée. Inutile, d'ailleurs, d'insister sur l'exactitude parfaite de ces diverses observations de Gratiolet, notamment en ce qui regarde le mouvement des yeux. Il suffit de s'observer un peu soi-même, et de se rendre compte de ses sensations dans les moments où l'on réfléchit sur quelque problème, pour se convaincre de leur vérité.

G. — *Parallélisme entre les métaphores du langage et les mouvements métaphoriques.*

En terminant cette étude sur les expressions métaphoriques, nous devons signaler un autre point, nul chez Darwin, tandis qu'il est admirablement développé chez le physionomiste français : c'est le parallélisme des métaphores du langage avec celles des mouvements expressifs. Les rapprochements de ce genre répandent une vive clarté sur l'organisme des langues, et ils mettent en relief toute l'importance du rôle que jouent dans l'intelligence humaine les associations d'idées et d'images.

Arrêtons-nous donc quelques instants sur ce sujet.

Si une proposition nous agrée, nous manifestons notre assentiment par des indices de gustation satisfaite, et en même temps nous disons : Je *goûte* cela. La même métaphore qui existe dans la pensée est donc traduite tout à la fois par la mimique des mouvements expressifs et par le langage articulé.

Nous paraissons souvent écouter les choses que nous pensons, parce que nos pensées revêtent la forme du langage qui le plus souvent est perçu par l'ouïe ; et de la même manière, si nous comprenons une chose, nous disons : J'*entends* cela.

(1) P. Gratiolet, ouvrage cité, p. 321-322.

Parfois lorsque l'on s'efforce de comprendre une vérité, fût-elle purement abstraite, le regard semble la chercher : c'est une métaphore exprimée par le geste. Or, on l'exprime aussi par la parole en disant quand on a compris : Je *vois* cela.

Lorsque l'idée est fort compliquée, en même temps que l'esprit en suit les détours, le regard semble suivre le fil conducteur, et les doigts, *étendus et agités d'un mouvement léger, semblent chercher à toucher*. Or, ces métaphores du geste ont passé dans le langage; on dit : *Suivre* un raisonnement, et lorsqu'on a enfin saisi la conséquence, on dit : *J'y suis, m'y voilà*, et tous le corps prend en même temps une attitude de repos. On dit tous les jours : une vérité *tangible*, une vérité palpable, et J.-B. Rousseau fait dire à une vieille incrédule :

.... Oui, je voudrais connaître,
Toucher au doigt, sentir la vérité (1).

La lecture chez les fins connaisseurs littéraires est souvent accompagnée lorsqu'elle plaît, de tous les indices d'une olfaction ou d'une gustation satisfaite. Les narines semblent aspirer un parfum délicieux; les lèvres souriantes et de petites fossettes dessinées sur les joues simulent une déglutition agréable : on croirait vraiment se trouver en présence d'un gourmet. Or, tous ces mouvements *métaphoriques* passent aussi dans le langage. On dit de ces lecteurs délicats qu'ils sont *hommes de goût*, qu'ils *goûtent et savourent* l'idée renfermée sous les formes du langage; qu'ils se délectent de la *saveur du style* et des *ingrédients de la phrase*, qu'ils *respirent* enfin les *parfums* de l'expression. C'est un des exemples les plus intéressants du parallélisme qui existe entre les métaphores du geste et celles du langage (2).

(1) Voir P. Gratiolet, *De la physionomie et des mouvements d'expression*, p, 44, 322-323.
(2) Ibidem, p. 45-46, 326-328.

En résumé donc, « ces expressions du corps sont toujours identiques ou du moins parallèles à celles du langage ; en sorte que, dans beaucoup de cas, pour traduire une passion dans le dessin d'un visage, il suffirait d'imiter directement les figures du langage et les expressions naturelles par lesquelles la parole peint métaphoriquement cette passion (1). »

On ne pourrait mieux dire.

CONCLUSION.

Nous pouvons donc inférer de toute cette discussion que les mouvements symboliques et métaphoriques de Gratiolet rentrent essentiellement dans les mouvements que Darwin, d'une manière générale, appelle *associés*. Tous les mouvements *purement expressifs* qui sont réellement explicables par le principe de l'*association des habitudes utiles*, ne sont nécessairement que des mouvements symboliques ou métaphoriques. Mais, comme nous l'avons vu déjà, la conception de l'éminent professeur de la Sorbonne est plus large que celle de Darwin, et elle embrasse des phénomènes qui ne peuvent être rattachés à des mouvements primitivement utiles.

Au reste, les mots mêmes employés par le physionomiste français impliquent nécessairement une association. Qu'est-ce, en effet, qu'un symbole, sinon un signe, — geste, mouvement, tout ce que l'on voudra, — qui, de sa nature, s'associe à l'idée d'une autre chose : la chose signifiée ou symbolisée? En quoi consiste une métaphore, sinon à transporter un mot de sa signification propre à un sens figuré qui ne lui appartient qu'en vertu d'une comparaison opérée dans l'esprit. Or, les gestes métaphoriques sont des gestes qui, dans leur usage immédiat, se rapportent à un but physique déterminé ; et on les transporte à une idée abstraite par suite d'une comparaison ou association faite implicitement par l'esprit.

(1) Ibidem, p. 330-331.

Mais, comme tout le monde peut en faire la remarque, tandis que Darwin ne s'arrête que secondairement aux associations d'images et d'idées qui entraînent les mouvements, Gratiolet, au contraire, y voit, indépendamment de toute habitude, la *cause même* des mouvements produits : et en cela son analyse est plus profonde que celle du savant anglais.

Cependant malgré l'infériorité de Darwin à cet égard, il est incontestable que l'association des habitudes utiles rend compte d'une foule de phénomènes émotionnels. Nous admettons donc pleinement ce principe, si on ne l'envisage qu'à un point de vue purement physiologique. Seulement pour rendre à chacun ce qui lui appartient, nous devons dire que les diverses sortes d'expressions rattachées par Darwin à ce principe, ont été avant lui développées et expliquées, sous des noms divers, d'une manière beaucoup plus approfondie, par d'autres, notamment par Gratiolet. La seule chose qui appartienne en propre au rénovateur du transformisme, c'est d'avoir cherché dans ces faits quelque point d'appui pour son hypothèse favorite de l'évolution. Nous examinerons dans la suite de ce travail s'il y a réussi.

Abbé A. Lecomte,
Directeur de l'École Normale de l'État, à Mons.

MÉTALLOSCOPIE

ET

MÉTALLOTHÉRAPIE.

Aujourd'hui comme autrefois le laboureur doit travailler la terre à la sueur de son front, le savant et l'artiste doivent péniblement acquérir la renommée, chacun doit vraiment conquérir sa place au soleil. Ce qui est vrai des hommes l'est aussi des doctrines. Les plus rationnelles, les mieux démontrées attendent des années leurs premiers adhérents et, malgré les mille voix de la presse, malgré le nombre des chaires d'où s'épanchent tous les jours la vérité, l'hypothèse, l'erreur et souvent même hélas! le mensonge; malgré la soif de nouveauté qui porte la foule curieuse vers les créateurs de systèmes, il est aussi difficile à un inventeur de fixer l'attention capricieuse de ses contemporains, et surtout de ses confrères, qu'à un missionnaire de convertir les peuplades barbares au milieu desquelles il est débarqué.

M. le Dr Burq nous offre un frappant exemple de ce phénomène qui, de tout temps, en tout pays et dans toutes les spécialités, se renouvelle. Depuis plus de trente ans il

frappe à la porte de toutes les académies, fait appel aux savants de tous les mondes, leur annonçant cette bonne nouvelle que le fer, le cuivre, l'or, l'argent, etc. ne sont pas bons seulement à fabriquer des armes, des machines et des bijoux, mais peuvent rendre aux malades la force et rappeler la vie qui s'en va. Voilà, certes, une bien surprenante promesse et chacun serait heureux d'en reconnaître la vérité. Il y a tant de malades qui voudraient guérir et tant de vieillards qui voudraient ne point s'en aller! Eh bien! Non. M. Burq a beau publier les guérisons les plus étonnantes et les plus authentiques, il a beau demander une enquête sur les faits qu'il avance, il a beau rendre plusieurs de ses juges témoins des faits les plus merveilleux, rien ne les émeut, rien ne les décide à prendre la parole pour rendre témoignage à la nouvelle doctrine et à son inventeur. Chose étrange! sa persévérance même les irrite; que dis-je! elle irrite tout le monde, et on murmure, à son sujet, les épithètes les plus désobligeantes; les esprits charitables eux-mêmes haussent les épaules de pitié et on en arrive, dans une société savante, à proposer de ne plus mentionner les communications relatives à la métallothérapie. Voilà bien les sociétés savantes, foyers de libres doctrines et de libres discussions, prises en flagrant délit d'intolérance!

Comment, au milieu de cette hostilité, M. Burq a-t-il pu conserver assez de foi et d'énergie pour tenter ce qu'il appelle pittoresquement sa dernière campagne? Ceux-là seuls s'en étonneront qui n'ont pas eu la joie de voir un jour face à face la vérité et de se donner entièrement à elle.

Il a, certes, eu bien raison de ne point se décourager, car aujourd'hui chacun lui rend une justice éclatante, et les sociétés savantes contrôlent et discutent ses affirmations et en proclament la légitimité. Ce revirement a tenu à un bien petit incident qui mérite d'être conté.

En ce temps de démocratie, l'égalité est loin de régner en souveraine et il y a, tout comme jadis, des puissants qui font la loi dans le monde financier, politique, littéraire et

scientifique. Le monde médical a ses maîtres, je dirais presque ses dieux, si je ne craignais de blesser les convictions de ceux dont je parle. Un des plus influents est le professeur Charcot qui règne à la Salpétrière et gouverne un peu partout; aussi est-il très entouré, très écouté, très courtisé; les jeunes surtout, qui ont besoin d'un guide et de protecteurs, se pressent à l'envi à ses leçons et se font ses dessinateurs, ses micrographes, ses porte-voix, ses porte-plumes; si bien qu'en tête de tous les travaux de la jeune école se trouve le nom du professeur Charcot qui passe pour l'inspirateur de tous. Il y a quelques années un homme d'esprit, aujourd'hui mort, très sceptique et très clairvoyant, m'exposait ses vues sur le moyen de parvenir; à voir la conduite de tous les candidats aux fonctions médicales, je suis fort tenté de croire que le maître dont je parle et qui, lui aussi, avait su trouver le chemin des honneurs et de la fortune, a fait école. Il me disait : « Ne recherchez pas les travaux originaux. Cela ne mène à rien et ne vous vaut que des envieux. Attachez-vous à un maître et à ses idées. Cherchez les faits qui les confirment et publiez-les sous toutes les formes; vos travaux seront très estimés, vous vaudront UN ami et ne vous feront pas d'ennemis. »

Cette vérité me paraît aujourd'hui parfaitement comprise et acceptée, aussi je n'y insiste pas. Le service de M. Charcot donc est le rendez-vous des travailleurs, des curieux, des ambitieux, tout le monde y va. M. Burq y allait comme les autres et avait été autorisé à glaner de ci de là quelques observations. Il faisait ses expériences sans le dire; plaçait ici quelques pièces de monnaie, là une armature, sans annoncer les résultats qu'il obtenait. Un jour M. Charcot, voulant rendre les assistants témoins de l'anesthésie d'une malade qu'il avait bien des fois examinée, la pique en annonçant que la piqûre ne sera point perçue. Grand fut son étonnement d'entendre la malade accuser une vive douleur. On s'explique et on apprend — que M. Burq est passé le matin même.

Cette piqûre fut le chemin de Damas de M. Charcot, jus-

que là sceptique, et valut aux idées de M. Burq un apôtre et avec lui de nombreux prosélytes. Des expériences régulières furent aussitôt entreprises, et les résultats communiqués à la *Société de Biologie* déterminèrent la nomination d'une commission composée de MM. Charcot, Luys et Dumontpallier.

Cette commission a fait et suscité de nombreuses expériences, publié deux intéressants rapports confirmant les observations du Dr Burq et révélant plusieurs faits nouveaux. Ces faits ont déjà reçu des interprétations très diverses et donné lieu à de nombreuses discussions. Quoique le Dr Mœller ait déjà résumé dans la *Revue* la première partie des conclusions de la commission, j'ai cru utile d'en rendre compte avec plus de détails et de faire connaître les très curieux résultats jusqu'ici obtenus. « Usez de ce remède tant qu'il guérit », disait je ne sais quel docteur sceptique. Faisons, dirai-je, connaissance avec cette question tant qu'elle est à l'ordre du jour. Rien ne nous assure qu'elle ne sera pas de nouveau oubliée avant quelques mois.

I.

Une analyse grossière de nos sens, qui sont nos traits d'union avec le monde extérieur, permet de les réduire à cinq, ayant chacun leurs organes distincts, dont la texture et le fonctionnement sont tous les jours mieux connus : l'œil voit, l'oreille entend, la langue et le palais goûtent, le nez odore, la peau sent. Tel est le fait connu de tous, auquel pendant longtemps on s'est borné, faute de moyens d'analyse. Les expériences sur les animaux, si utiles pour éclaircir d'autres points de la physiologie humaine ne peuvent rendre aucun service pour celui-ci. C'est à peine si, aux actes qu'accomplit un animal, nous pouvons reconnaître si un sens est conservé ou aboli. Si un bruit l'effraie, si une odeur l'attire, si une saveur le fait grimacer, si un pincement lui arrache

des cris, nous pourrons dire : il entend, il voit, il goûte, il sent ; mais nous ne pourrons pénétrer plus avant dans l'étude de ses impressions et des réactions qu'elles provoquent. Il faut, pour que l'observateur puisse faire cette analyse toute subjective, le concours du sujet qui perçoit. D'où la nécessité de recourir à l'homme lorsqu'on veut faire l'histoire des sens; et ne pourrais-je pas étendre la conclusion et dire : la nécessité de recourir à l'homme chaque fois qu'il s'agit de l'homme?

Le premier fait qui frappe lorsqu'on se livre à cette étude est l'inégalité et la diversité des liens qui unissent chacun de nous à la nature. Sans doute, c'est de la terre que chacun de nous vient, c'est de la terre qu'il tire la matière qui constitue son organisme, c'est à la terre qu'il doit retourner; mais sous cette égalité apparente, que de différences! L'un, l'œil toujours ouvert, ne connaît le monde que par la vue; tout entier au spectacle sublime ou charmant qui se déroule constamment sous ses yeux, il admire les formes élégantes, les lignes harmonieuses, les couleurs éclatantes que le soleil, cet universel charmeur, communique à tout ce qu'il éclaire, et à cette contemplation il devient peintre ou poète; l'autre n'ouvre pour ainsi dire pas les yeux, il ne voit pas la nature, il l'entend; tout est harmonie autour de lui, depuis les globes lumineux qui accomplissent leurs révolutions à travers les espaces et dont Pythagore aurait voulu noter la marche, depuis les voix diverses des animaux, du vent qui mugit, du tonnerre qui gronde, du ruisseau qui fuit, de la fleur qui s'incline, jusqu'au majestueux silence de la nuit sans murmure et sans étoiles; aussi ne peint-il pas la nature, il la chante. Il en est qui sont sourds et aveugles, que rien n'émeut, que rien n'enchante; ils ont des yeux qui ne voient pas et des oreilles qui n'entendent pas; perpétuellement repliés sur eux-mêmes, ils ne songent qu'à leurs appétits et ne jugent le monde que par les satisfactions sensuelles qu'il leur procure; ceux-là ne peignent ni ne chantent, ils mangent. Je n'en finirais pas si je voulais compter les innombrables variétés que l'observation nous révèle. Mon rôle est tout autre, du reste, et consiste

non à décrire les différences intellectuelles et esthétiques qui existent entre les hommes, mais les variétés sensorielles qui, jusqu'à un certain point, les expliquent. Chaque sens nous fournit des données très complexes sur les objets qu'il saisit : la vue nous révèle non-seulement leur présence, mais leur forme, leurs dimensions, les rapports qu'ils affectent avec ceux qui les entourent, leur couleur, etc. L'ouïe saisit les sons, détermine leur intensité, leur timbre, leur tonalité et ce quelque chose de plus subtil et de plus individuel que leur timbre et leur ton, qui permet de reconnaître l'instrument qui joue ou la personne qui chante; le toucher indique la résistance des objets, leur poli, leur température, leur forme, etc. Je pourrais dire la même chose du goût et de l'odorat.

Toutes ces aptitudes existent à des degrés divers chez l'enfant, et l'éducation la plus attentive est souvent impuissante à supprimer les différences originelles. Aussi a-t-on observé de tout temps des vues faibles ou nulles, des ouïes dures, des odorats oblitérés, des palais insensibles, des tacts émoussés; mais ce que jusqu'ici on avait ignoré, c'est que des sens, en apparence intacts, fussent partiellement oblitérés. Un homme avait une vue bonne, mauvaise ou médiocre, il voyait de loin ou de près ou ne voyait pas du tout; mais on ne soupçonnait pas qu'avec un œil en apparence bien conformé, apte à parfaitement saisir tout le reste, il ne pût, par exemple, distinguer les couleurs ou seulement certaines couleurs. On était très sensible ou *dur*, mais nul ne soupçonnait que chaque point de la peau, chaque papille sensitive possédât plusieurs sensibilités pouvant exister ou s'éteindre séparément; que tel individu, par exemple, put saisir un objet, même ténu, le manier, le reconnaître, le sentir en un mot, et qu'il fût en même temps inapte à reconnaître s'il est chaud ou froid.

Cette distinction commence à se faire et, quoiqu'elle soit encore dans l'enfance, elle a déjà donné d'importants résultats théoriques et pratiques. Aujourd'hui on sait mieux explorer et décrire la sensibilité visuelle et la sensibilité

tactile ; on commence à mieux explorer l'ouïe, certainement le goût et l'odorat seront à leur tour mieux analysés. Ne découvrira-t-on pas alors que ce qui est déjà reconnu comme vrai pour la vue et le toucher l'est pour les autres sens? que tous sont décomposables en plusieurs facteurs que la maladie ou une simple anomalie peuvent dissocier? Cette question est importante et sa solution entraîne, dans certains cas, des résolutions pratiques d'un intérêt général.

Qu'un jeune homme ne puisse reconnaître les couleurs, il ne pourra être peintre ni exercer aucune profession dans laquelle l'appréciation des couleurs intervient ; chargé de diriger un train ou un navire, il pourra confondre les signaux et être la cause d'épouvantables catastrophes ; placé en sentinelle dans une armée, il pourra confondre les soldats ennemis et les amis, et donner de fausses alarmes. Je n'en finirais pas si je voulais énumérer les accidents ou les malentendus dont cette infirmité méconnue peut être la source.

Qui nous dit que des lacunes analogues n'existent pas pour l'ouïe, pour le goût, pour l'odorat? Je suis très porté à le croire, pour ma part, et la confirmation de cette idée donnerait la clef de bien des faits inexpliqués jusqu'ici. Mais je m'égare et oublie que c'est de la métalloscopie que je voulais parler. J'y arrive donc.

Deux propositions fondamentales résument la doctrine du Dr Burq.

1° L'application externe d'un métal modifie la sensibilité et la motilité diminuées ou abolies.

2° Le métal dont l'action externe a été constatée a, pour le sujet chez lequel l'épreuve a été faite, une action thérapeutique.

Je prends comme exemple une femme hystérique et hémianesthésique (presque toutes les observations ont été faites sur des cas de cette nature). Toute une moitié de son corps est insensible au contact, à la douleur et à la température, et les organes des sens sont, d'un côté, sinon supprimés du moins très obtus : le goût et l'odorat ont disparu, l'ouïe

a perdu la moitié, les trois quarts ou plus de sa portée, la vue est moins distincte, moins étendue et incapable de différencier les couleurs (achromatopsie); cette impuissance peut porter sur toutes les couleurs fondamentales ou seulement sur quelques-unes. En même temps on constate du côté anesthésié un affaiblissement musculaire plus ou moins marqué (amyosthénie). Tels sont les phénomènes apparents qui s'allient le plus souvent à des troubles plus profonds. « Appliquez, disait vainement M. Burq depuis trente ans, sur la partie du corps anesthésiée un métal (cuivre, fer, zinc ou or) et vous verrez, sous son action, l'anesthésie disparaître, la circulation se ranimer et la force musculaire s'accroître, et pour cela un quart d'heure, une demi-heure, une heure suffisent. Que si, instruit par ce premier résultat, vous administrez, sous une forme quelconque, à l'intérieur, le métal auquel le sujet a été sensible, vous verrez peu à peu ses forces revenir et tous les troubles sensitifs et sensoriels disparaître. » Subitement éclairé par la piqûre dont j'ai déjà parlé, M. Charcot décida la *Société de Biologie* à faire des expériences pour vérifier l'exactitude des assertions de M. Burq.

La première question qu'eut à résoudre la commission fut celle-ci : *L'application externe d'un métal a-t-elle une action sur une partie anesthésiée?* La réponse fut des plus nettes. Six femmes du service de M. Charcot, toutes hystériques et hémianesthésiques, furent successivement mises en expérience. Voici quels furent les résultats. Avant l'application les piqûres n'étaient point senties, ne saignaient pas; la vue ne distinguait pas les couleurs, l'ouïe était dure, le goût et l'odorat étaient perdus, enfin la force musculaire, mesurée au dynamomètre, était moindre que du côté opposé. Au bout d'un temps variable, 1/4 d'heure à 1/2 heure, après l'application des bracelets, la peau prenait une coloration rouge dans les zones correspondant à l'application métallique, en même temps que la malade accusait des fourmillements et de la chaleur dans les mêmes régions. De plus, les

piqûres, même légères, étaient devenues douloureuses, intolérables et laissaient échapper des gouttelettes de sang. Enfin l'anesthésie de l'ouïe avait disparu ainsi que le daltonisme. La malade percevait très distinctement et très rapidement les diverses couleurs du prisme. En même temps la force musculaire était sensiblement accrue.

La majorité des malades examinées dans cette première série d'expériences fut sensible à l'or, une cependant fut sensible au cuivre et une autre au zinc.

Il était donc prouvé que la première des assertions de M. Burq était exacte, et que des hystériques pouvaient recouvrer la sensibilité perdue par des applications métalliques externes.

La commission eut l'idée de rechercher si une hémianesthésie de cause organique, c'est-à-dire liée à une lésion cérébrale définitive, serait aussi modifiée par les applications métalliques. Grand fut son étonnement lorsqu'elle constata que l'action immédiate était la même. Les suites furent encore plus étonnantes. Tandis que chez les hystériques les accidents s'étaient reproduits peu après la cessation des applications; chez l'anesthésique de cause cérébrale, les accidents ne se reproduisirent pas et, plusieurs mois après, lorsque M. Dumontpallier publiait son rapport, la guérison persistait.

L'étude attentive des malades pendant les expériences avait amené la découverte d'un phénomène tout à fait inattendu et très singulier : je veux parler du transfert de la sensibilité. Il fut constaté d'abord pour la vue et l'ouïe, plus tard pour la sensibilité générale, enfin on découvrit quelque chose d'analogue pour la force musculaire. Voici en quoi consiste ce phénomène : si au début de l'expérience on compare méthodiquement le côté anesthésié au côté sain, on constate que tous les modes de la sensibilité et la force musculaire sont plus accusés dans le dernier; si l'exploration comparative continue après l'application du métal, elle révèle que, tandis que la force musculaire s'accroît dans le

côté primitivement malade, elle diminue dans le côté sain et qu'il en est de même pour tous les modes de la sensibilité, de sorte qu'à la fin de l'expérience c'est le côté sain qui paraît malade et inversement. Cela a suffi pour faire dire aux ennemis de toute nouveauté : « La métallothérapie ne guérit pas, elle transporte le mal. Par elle le malade n'acquiert rien ; elle doit donc être abandonnée aux physiologistes et délaissée par les médecins. »

Deux points étaient donc acquis, l'un annoncé par M. Burq et déjà connu, l'autre inattendu ; aussitôt se produisirent les premiers essais d'explication.

Déjà, dès les premières communications faites à la *Société de Biologie*, on avait émis l'idée que les phénomènes annoncés étaient dus à l'action de l'électricité. Tout métal attaqué, disait-on, produit de l'électricité, il est donc probable que les pièces de monnaie ou les bracelets appliqués sur la peau sont attaqués par la sueur et constituent de véritables piles. L'idée était rationnelle et méritait d'être vérifiée. Ce soin échut à M. Regnard qui à l'aide d'un galvanomètre comprenant un fil faisant 30 mille tours réussit à mettre en évidence les courants produits et à les mesurer. On constata ainsi que deux plaques d'or vierge, appliquées sur la peau, engendrent un courant produisant une déviation de 3°, tandis que, avec deux pièces d'or monnayé, la déviation est de 12°. Le même travail fut fait pour le cuivre et le zinc.

Il était donc prouvé que l'application externe des métaux engendre de l'électricité ; restait un second point à examiner : ces faibles courants suffisent-ils à expliquer les phénomènes constatés ? M. Regnard expérimenta à l'aide de piles produisant des courants de même intensité que les pièces métalliques appliquées sur la peau, et reproduisit ainsi la série des phénomènes que j'ai déjà décrits avec toutes leurs particularités. On paraissait donc autorisé, dès lors, à dire : les actions métalliques sont des actions électriques, et un métal peut être remplacé par un courant équivalent.

L'étude plus attentive de l'action des courants électriques

amena, elle aussi, des résultats inattendus. Il était naturel de penser que la sensibilité des divers malades n'était point la même et que, tandis que l'un répondait à un courant marquant 8° ou 10°, l'autre y demeurait insensible et ne répondait qu'à 15° ou 20° ; mais on devait croire que celui qui était sensible à 10° l'était *a fortiori* à 20°, 30° et au-dessus. C'est ce que l'expérience ne confirma pas. M. Regnard ayant soumis quelques malades à des courants croissants, arriva au résultat paradoxal qui suit.

La sensibilité est exprimée par le signe +, l'anesthésie par le signe —.

Marie B.		Louise Gl.		Bucq.....	
7°	—	2°	—	2°	+
14°	—	10°	+	15°	—
20°	—	15°	+	30°	+
35°	+	45°	—	45°	+
40°	+	60°	—	65°	+
65°	—	80°	+	90°	+
70°	—	90°	+		
90°	+				
2 couples Trouvé +					

On voit, en lisant ces résultats, que chez ces trois malades, entre deux courants capables de réveiller la sensibilité, s'en trouvaient d'autres qui n'avaient pas ce pouvoir, et que ces points inactifs n'étaient pas les mêmes. M. Regnard a donné à ces points le nom de *points neutres*.

Ces faits doivent être seulement mentionnés. Ils ne sont pas suffisamment établis pour servir de base à une théorie. Cependant, tels qu'ils sont, ils peuvent, jusqu'à un certain point, expliquer la différence d'action des métaux appliqués sur la peau des anesthésiques.

Tels furent les résultats obtenus par la commission dans la première série de ses expériences. Ils furent régulièrement communiqués à la *Société de Biologie*, et résumés dans un rapport général présenté par M. le Dr Dumontpallier, le 17 avril 1877.

Le premier effet de cette confirmation des assertions de M. Burq fut de mettre la métalloscopie à la mode, et d'engager un certain nombre de médecins à reproduire les expériences annoncées et à les compléter. La commission ne s'en tint pas elle-même à ses premiers travaux. Elle résolut d'en entreprendre d'autres pour vérifier l'exactitude de la seconde partie des assertions de M. Burq. Les résultats obtenus dans cette seconde série d'expérience ont été aussi publiés ; comme ils sont plus importants peut-être et plus curieux que les premiers, je vais les exposer avec quelques détails.

II.

L'expérimentation la plus sévère avait mis en évidence ces trois faits :

1° que l'application externe d'un métal peut ramener la sensibilité, non-seulement chez des femmes hystériques, mais même chez des hémianesthésiques à la suite d'hémorrhagie cérébrale ;

2° que le retour de la sensibilité dans le côté malade amène une anesthésie dans le côté sain ;

3° que des phénomènes semblables peuvent résulter de l'application de faibles courants électriques.

Restait à savoir si le métal actif en applications cutanées produirait les mêmes effets administré à l'intérieur.

Parmi les malades qui avaient servi aux premières expériences de la commission, on en choisit plusieurs sensibles à l'or et une sensible au cuivre.

La première, âgée de 27 ans, était malade depuis onze années; à partir du 11 *juin* 1877, elle prit tous les jours une potion contenant 2 centigr. de chlorure d'or et de sodium. Le 28 *juin* retour complet de la sensibilité générale et spéciale, augmentation notable des forces et de l'appétit. La menstruation réapparaît, après deux ans d'interruption.

Au commencement du mois de juillet la dose du médica-

ment fut portée à 5 centigr., mais, comme elle était mal tolérée, on suspendit pendant quelques jours (3 juillet au 19), pendant lesquels on remarqua que la force musculaire et la sensibilité diminuaient. Le chlorure d'or fut de nouveau administré le 20, et le 30 la sensibilité était normale.

Plusieurs mois après, le résultat se maintenait. Chez quatre autres malades l'administration du chlorure d'or et de sodium produisit des effets aussi satisfaisants.

Ainsi que je l'ai dit précédemment, une des malades était sensible au cuivre. Elle était à la Salpétrière depuis cinq ans (hémianesthésique avec attaques d'hystérie). On essaya d'abord de lui donner du bioxyde de cuivre qui fut mal toléré, et des pilules d'albuminate de cuivre à la dose de 2 centigr. Elles furent supportées pendant quelques jours, et aussitôt on constatait l'augmentation des forces et le retour de la sensibilité; mais des accidents gastro-intestinaux survenus vers le 13 juillet forcèrent à supprimer le remède et bientôt l'amélioration obtenue disparut.

Quelques semaines après on recourait à l'eau de Saint-Christau (5 milligr. de sulfate de cuivre par litre) et l'amélioration ne tardait pas à se produire avec les mêmes caractères que précédemment : augmentation de la force musculaire, élévation de la température, retour de la sensibilité générale et spéciale, amélioration de l'état général.

Des succès analogues étaient obtenus dans d'autres hôpitaux et publiés. J'en veux encore citer un publié par M. Burq lui-même et observé dans le service de M. Verneuil à Lariboisière. Il est d'autant plus intéressant qu'il remonte à l'année 1869, et que M. Burq l'avait réservé depuis lors pour le communiquer au rapporteur de l'Académie de médecine, sur lequel il comptait toujours.

C'est l'histoire d'une jeune fille de 17 ans, vainement traitée depuis des années dans divers services pour des accidents hystériques, et entrée dans le service de M. Verneuil pour un pied-bot varus d'apparence grave. Elle était complétement anesthésique, amyosthénique, aménorrhéique,

chlorotique, etc. Tous les traitements avaient été vainement essayés, et il était question de recourir à une opération chirurgicale pour redresser son pied, lorsque M. Burq essaya de la traiter.

L'exploration métallique montra qu'elle était sensible à l'or; mais l'action de ce métal, plusieurs fois essayé en applications externes, se faisait seulement sentir sur la circulation, la calorification et la force musculaire. Elle était nulle sur la sensibilité proprement dite; néanmoins cela parut suffisant pour recourir à l'administration interne. On donna le chlorure d'or et de sodium qui fut graduellement porté jusqu'à la dose de 0,16, et la malade vit successivement disparaître tous ses accidents.

Elle sortit guérie au bout de cinq mois (1).

Une circonstance heureuse permit de faire, pour ainsi dire, la contre-épreuve. Cette jeune fille présenta quelque temps après une contracture en apparence semblable à la première. Elle rentra dans le même service, où on prit cet accident pour une rechute. M. Burq étant venu, la soumit de nouveau à l'examen métalloscopique et, l'ayant trouvée insensible à l'action de l'or, déclara que les troubles qu'elle présentait étaient d'un autre ordre. L'événement lui donna raison, puisque, par les traitements ordinaires, elle guérit rapidement et put quitter l'hôpital après quelques semaines.

Ce fait est très curieux et très important au point de vue qui nous occupe; à lui seul il suffit à démontrer toutes les propositions qui constituent la doctrine métallothérapique.

Je ne cite ni n'énumère tous les autres faits rapportés dans les divers recueils scientifiques; ceux-là suffisent à légitimer la deuxième proposition du Dr Burq.

Ces résultats obtenus, il était intéressant de rechercher ce que devenait la sensibilité métallique externe chez les malades qui avaient été soumis au traitement interne. La com-

(1) Voir la relation complète de ce fait avec les réflexions qui l'accompagnent, in *Gaz. méd. de Paris*, année 1877, nº 31, 35 et 37.

mission fit, pour éclaircir ce point, des expériences que je vais rapporter. Le meilleur moyen d'en donner une idée nette est de reproduire la relation de l'un des faits cités dans le rapport. Tous les autres sont semblables.

« Quelques minutes après l'application des plaques sur la région dorsale de l'avant-bras gauche, on constate que la sensibilité disparaît dans les parties voisines des plaquettes, sur le bras gauche, et ensuite dans les régions correspondantes du bras droit.

» Cette anesthésie progresse vers la base et vers l'extrémité des membres supérieurs. Des deux côtés, après dix minutes, la zone insensible ainsi formée occupe la face dorsale des doigts, des mains et des avant-bras. La face palmaire est restée sensible, c'est-à-dire que l'anesthésie qui rayonne des plaques ne les dépasse que de deux à trois centimètres dans le sens transversal, tandis qu'elle s'étend indéfiniment dans le sens longitudinal.

» La sensibilité à la douleur a disparu avant la sensibilité tactile.

» La bande anesthésique gagne la racine du membre sans augmenter notablement de largeur. Elle envahit successivement la face externe du bras, la région déltoïdienne, le triangle sus-claviculaire, l'oreille, la portion contiguë de la face et la région pariétale des deux côtés. »

Le rapporteur la suit ainsi dans sa marche, très curieuse certes, mais un peu lente pour nos lecteurs ; aussi, en abrégeant, je leur dis que, au bout d'une heure, l'insensibilité est générale, la force musculaire diminuée des deux côtés, l'ouïe affaiblie, la perception des couleurs confuse et que l'éther sulfurique n'a pas d'action sur l'odorat, tandis que la coloquinte déposée sur la langue ne réveille aucune sensation d'amertume.

Ces résultats bien constatés (l'expérience avait duré une heure un quart), on enleva les plaquettes et alors, en 9 *minutes,* les sensibilités générale et spéciales reparurent dans un ordre *rigoureusement inverse* à celui de leur disparition,

et avec le même mode de propagation, rapide dans le sens longitudinal, lent dans le sens transversal.

Cette *anesthésie de retour* aurait, selon M. Burq, une grande importance pour la direction du traitement. Tant que les malades, soumis à l'administration interne d'un métal, seraient exposés à voir les accidents se reproduire, pour ainsi dire à volonté, par l'application externe des plaquettes, ils ne pourraient être considérés comme guéris et le traitement devrait être continué.

Comme on devait le penser, l'application d'un courant électrique faible sur les malades soumis à la métallothérapie interne produisit l'anesthésie de retour, de tout point semblable à celle produite par l'application des métaux. Ce nouveau trait de ressemblance entre l'action des métaux et de l'électricité vient à l'appui de l'interprétation des phénomènes métalloscopiques et métallothérapiques par l'action des courants faibles.

Les affirmations de M. Burq avaient été confirmées d'une façon remarquable par toutes les expériences que je viens de citer et d'autres que je ne puis rapporter, l'utilité de la métalloscopie était bien établie, et la réalité de la métallothérapie reposait désormais sur des faits expérimentaux incontestables. On aurait pu s'en tenir là et songer uniquement à utiliser ces données nouvelles; mais, chemin faisant, des faits singuliers avaient été notés, des hypothèses avaient été émises dont il était intéressant de vérifier la légitimité. C'est ce qui explique pourquoi, depuis, les recherches ont été poursuivies, tant à la Salpétrière qu'ailleurs. Je ne crois pas devoir terminer ce travail sans mentionner les derniers résultats obtenus.

III.

M. Burq, dans ses divers travaux, avait plusieurs fois parlé d'aptitudes *dissimulées* et d'aptitudes *contrariées*; la commission, dans le cours de ses expériences, avait eu aussi

l'occasion de constater d'une façon accidentelle ce dernier fait. Dans plusieurs circonstances, par exemple, l'application d'un bracelet en métal composé, ou l'application simultanée de deux métaux n'avait pas produit d'effet. Il importait de savoir dans quelles conditions se produit cette neutralisation du métal actif.

On utilisa, pour ces recherches, la propriété qu'ont les métaux de ramener l'insensibilité chez les sujets soumis avec succès à la métallothérapie interne. Une malade était particulièrement propre à cet ordre d'expériences, à cause de la rapidité avec laquelle se reproduisait chez elle l'anesthésie. Il suffisait d'appliquer une pièce d'or sur la peau pour que, en une minute, l'anesthésie se fût déclarée.

Les métaux employés furent l'or et l'argent. Après avoir constaté que la sensibilité était parfaite, on appliqua une pièce d'or qui produisit aussitôt l'anesthésie. Elle fut retirée et la sensibilité reparut.

On appliqua alors une pièce d'argent qui resta inerte.

Puis simultanément les deux pièces superposées. Il n'y eut pas d'action.

Enfin la pièce d'or, qui produisit l'anesthésie, et au-dessus la pièce d'argent. *L'anesthésie persista.*

Y a-t-il, dans ce cas, action des deux métaux l'un sur l'autre, ce qui empêcherait l'action physiologique de se produire, ou bien les deux métaux agissent-ils en sens inverse sur l'organisme? Les éléments manquent pour répondre actuellement à cette question.

De ce premier groupe d'expériences, qui ne furent pas les seules sur ce sujet, ressort un fait important au point de vue thérapeutique et dont je reparlerai : c'est que l'application d'un métal inactif sur un métal actif, lorsque son action est produite, ne la détruit pas, mais la fixe.

On avait constaté l'action de deux métaux superposés; il était curieux de savoir si ces deux métaux appliqués à une certaine distance l'un de l'autre produiraient les mêmes effets. On appliqua d'abord, sur la malade dont j'ai parlé

tout à l'heure, un bracelet or et *au-dessus* un bracelet argent. L'anesthésie ne se produisit pas.

En second lieu, le bracelet d'argent fut placé *au-dessous* et l'anesthésie se produisit.

Ce résultat confirmait des observations déjà faites et établissait d'une façon incontestable la marche ascendante, centripète, de l'action métallique, puisque le bracelet d'argent, placé comme une ligature au-dessus du bracelet d'or, en avait empêché l'action, tandis que placé au-dessous il avait été inefficace.

Au lieu de placer les bracelets sur le même membre on les plaça, simultanément, sur les membres opposés et l'effet fut nul, tandis que l'application seule de l'or sur un des bras suffisait à produire une anesthésie généralisée.

Enfin une dernière expérience fut faite dans des conditions toutes particulières. Sur un des membres on appliqua un bracelet d'or, et sur l'autre simultanément de l'or et de l'argent. L'anesthésie se produisit dans *tout le côté* or et non dans l'autre.

Il y eut là une double action hémiorganique, produisant l'anesthésie de retour à gauche et la fixation des phénomènes préexistants à droite.

M. Vigouroux s'est particulièrement occupé de cette propriété qu'ont les *métaux neutres* de fixer pour ainsi dire les résultats obtenus, soit par l'application des métaux actifs, soit par l'action des courants continus, soit par l'action des aimants ou de l'électricité statique (j'aurai l'occasion dans un instant de signaler les résultats obtenus par l'emploi de ces agents). Il a montré que cette propriété peut être utilisée en thérapeutique, et déjà M. Burq, M. Abadie et M. Vigouroux lui-même ont publié des observations qui mettent en évidence les bons effets de cette pratique.

Je ne puis entrer dans de longs détails sur ce sujet; qu'il me suffise de dire que dans l'observation de M. Burq, communiquée à la *Société de Biologie,* il s'agissait d'une jeune malade, dont l'hystérie, après avoir résisté aux traitements

les plus divers, céda à l'application méthodique de deux pièces, l'une d'argent (métal auquel la malade était sensible) et l'autre de melchior ; que celle de M. Abadie était analogue (*Progrès méd.*, n° 28), enfin que celle de M. Vigouroux a trait à une paralysie hystérique avec contracture.

Je dois parler un peu plus longuement de cette dernière. J'aurai ainsi l'occasion de signaler les expériences faites avec les électro-aimants, les solénoïdes et l'électricité statique.

Cette malade, hystérique depuis plusieurs années, avait présenté des troubles divers; depuis trois ans elle était monoplégique du membre supérieur gauche avec anesthésie et contracture des doigts et du poignet. Elle était en outre sourde de l'oreille du même côté, et présentait des troubles de la vue, du goût et de l'odorat. La métalloscopie avait été vainement essayée, aussi n'y eut-on pas de nouveau recours et employa-t-on pour elle, avec des combinaisons diverses, les aimants, les solénoïdes et l'électricité statique. Les résultats se firent attendre, mais furent, en définitive, favorables. On s'attacha, pour guérir la contracture, l'anesthésie et la paralysie gauche, à développer des accidents de même nature sur le côté droit. Cette tentative, sans précédent, reposait sur la notion du transfert de la sensibilité, fournie par les premières expériences dont j'ai déjà parlé. On se disait que, si le retour de la sensibilité dans un point anesthésié provoque l'anesthésie dans le point symétrique du côté opposé, il pourrait bien se faire qu'il en fût de même pour la contracture et la paralysie. On soumit donc pendant de longues et nombreuses séances le poignet et le bras sain de la malade à l'action d'un puissant aimant qui provoqua d'abord des fourmillements, puis une anesthésie limitée, puis de la parésie, enfin de la contracture. Quand ce résultat était obtenu on le fixait par l'application d'un métal neutre; en même temps le côté gauche devenait moins rebelle aux agents thérapeutiques et sous l'action des courants faradiques d'abord, puis de l'électricité statique, on vit successivement céder, dans un ordre et avec des alternatives sur lesquels je

ne puis insister, les divers troubles fonctionnels qui duraient depuis plus de trois ans. Cette observation est d'un grand intérêt et mérite toute l'attention des physiologistes et des médecins (1). Elle ouvre une voie nouvelle et féconde à la thérapeutique des accidents nerveux localisés.

Nous venons de voir employer avec succès des aimants et l'électricité statique. On s'étonnera peut-être de me voir citer ce fait à propos de métallothérapie ; c'est que, jusqu'à présent, je n'ai pas eu occasion de dire que les électro-aimants, ou simplement les aimants, que les solénoïdes et l'électricité statique, agissent, *sans contact*, sur les parties anesthésiées comme les métaux. La *force* d'aimantation nécessaire pour produire ces effets varie beaucoup d'un malade à l'autre. Chez les malades sensibles à l'or, un aimant très faible suffit, chez ceux qui sont sensibles au zinc (le métal le plus positif) il faut employer le fer à cheval.

Quant au *temps*, il semble que les différences individuelles soient beaucoup moindres que pour les métaux (2).

Je ne m'arrête pas aux effets produits par l'électricité statique (3) et les solénoïdes, et me contente de dire qu'ils sont

(1) Voir la relation complète de ce fait avec les réflexions qui l'accompagnent dans le *Progrès médical*, année 1878, nos 35, 36, 37.

(2) Ce n'est pas la première fois qu'on parle de l'action thérapeutique des aimants. On trouve dans les mémoires de la Société Royale de Médecine (année 1782) un travail de Audry et Thouret, dans lequel sont décrits des effets analogues à ceux des applications métalliques. Les auteurs rapportent un grand nombre de cas de toute nature, et concluent à l'efficacité des aimants surtout dans les affections *sine materia*. Il y a une trentaine d'années on trouvait encore chez les opticiens des plaques aimantées, fabriquées sur les modèles de l'abbé Le Noble. Ces plaques avaient été l'objet d'un véritable engouement à la fin du siècle dernier. Elles furent détrônées par le galvanisme.

(3) L'électricité statique, qui semble reprendre une nouvelle vogue, fut aussi très employée à la fin du XVIIIe siècle. Je signalerai à ceux qui voudraient s'occuper de cette question les mémoires de l'abbé Sans (1772), de Mauduyt (1778), de l'abbé Bertholon (1780) et surtout ceux de Mazars de Cazelles (1780, 1782, 1788) qui abondent en faits exposés avec la plus entière bonne foi, sinon avec une scientifique précision.

analogues à ceux produits par les métaux, les courants continus, les aimants, je pourrais ajouter, etc., parce qu'il n'est pas douteux qu'on ne trouve d'autres agents ayant une action analogue. Déjà même (*France médicale*, n°s 69, 70, 71, 72, 1878) M. le Dr Thermes vient de publier un cas d'anesthésie modifié, comme par les métaux, par la glace ou l'eau froide.

IV.

Je viens d'exposer les faits et on attend, sans doute, que j'en donne l'explication. Je ne le tenterai pas, un pareil travail serait prématuré et courrait le risque d'être démenti par les observations de demain. Plusieurs l'ont essayé, depuis la première expérience, mais aucun jusqu'ici n'a été assez heureux pour voir sa théorie acceptée. Je ne les imiterai donc pas et me contenterai de recommander aux expérimentateurs de bonne foi qui poursuivent ces travaux, la plus grande prudence dans l'examen des faits et dans les conclusions qu'ils en tireront. Je ne leur apprendrai rien en leur disant que l'*expérience est trompeuse*, surtout lorsqu'elle a pour objet la femme hystérique. J'en ai eu une très récente preuve, dans mon service même, au moment où je me préparais à vérifier les résultats signalés dans les travaux dont j'ai rendu compte. Je traitais depuis plusieurs mois une jeune femme qui avait présenté les accidents les plus bizarres et qui, au milieu de l'incessante mobilité des autres troubles qu'elle accusait, avait toujours été hémiplégique et hémianesthésique, l'hémianesthésie portant même sur les organes des sens; plusieurs fois j'avais été dérouté par les variations capricieuses qu'elle me signalait et même quelques doutes étaient nés dans mon esprit; mais certains faits étaient tellement nets et si aisément constatables que je ne pouvais croire à la simulation. Je la considérais donc comme très propre à mes expériences, et la soumis à tous les modes d'exploration pour bien établir son état. Le tableau était

complet et, à l'heure qu'il est, je ne puis encore croire que tout fût simulé chez elle. Lorsque j'eus bien constaté tous les troubles de la sensibilité et des organes des sens, je la fis descendre de son lit, et c'est seulement avec l'aide de deux élèves qu'elle pouvait se soutenir; au milieu de la salle j'ordonnai de la lâcher et aussitôt elle tomba, mais de telle façon qu'elle ne se blessa point. Aussitôt elle eut une attaque et perdit, en apparence, complétement connaissance. Tous les excitants furent impuissants à la rappeler à elle. Je demandai le fer rouge qui fut chauffé à côté, sans qu'elle donnât le moindre témoignage de sentiment et, lorsque tout fut prêt, j'annonçai que j'allais la brûler; en disant cela, en même temps que j'approchais le fer rougi, je la touchais avec un fer froid et elle poussait un grand cri, comprimé du reste dès que cette première frayeur fut passée, plusieurs fois je portai ainsi le fer froid sur divers points sans qu'elle donnât le moindre signe de sensibilité, à la fin je touchai légèrement avec le fer rougi un point qui avait paru manifestement anesthésique et aussitôt elle cria et s'enfuit. Je la congédiai sur l'heure et cette femme qui, quelques minutes avant, ne pouvait se mouvoir, descendit du second étage et se rendit à pied chez elle. Je n'ai pas besoin de dire qu'elle avait instantanément recouvré connaissance.

Il y a donc dans la simulation, si commune chez les hystériques, une première cause d'erreur. Leur extrême impressionnabilité en est une seconde, particulièrement dans les services où elles sont réunies en très grand nombre et où on les soumet à des expériences fréquentes, dont elles ne comprennent pas la portée. Les hommes eux-mêmes n'échappent pas à cette influence et souvent, par esprit d'imitation ou sous une action que nous ne pouvons saisir, ils accusent, et peut-être même éprouvent, des impressions qu'ils n'auraient pas ressenties si un autre ne les avait éprouvées à côté d'eux. J'ai eu l'occasion de le constater très récemment chez des malades que j'électrisais; l'un d'eux accusa, lorsque j'appliquais un des électrodes sur la nuque, un goût salé, tous les

autres l'éprouvèrent après lui. Je pus m'assurer quelques jours après qu'ils s'étaient laissé influencer par ce qu'on avait dit autour d'eux. S'il en est ainsi d'hommes dont l'imagination n'est pas surexcitée, ni l'impressionnabilité très grande, que doit-il en être de femmes névropathes, pour lesquelles toutes les pratiques auxquelles on les soumet ont quelque chose de mystérieux? Il y a donc là deux sources d'erreur dont on devra tenir grand compte — j'y ajoute l'attention expectante (*expectant attention*) que les observateurs anglais ont avec raison invoquée et qui n'en diffère guère.

Enfin il est une autre cause d'erreur qu'aucun auteur, je crois, n'a signalée et qui me semble devoir fausser bien des résultats. Je veux parler de l'influence *personnelle* de l'expérimentateur. Dans aucune des expériences on n'a tenu compte de cet élément, et cependant quelle importance ne doit-il pas avoir? Si une pièce de monnaie, *par son simple contact*, un barreau aimanté, *à distance*, produisent les effets que j'ai signalés, que ne peut pas produire un homme qui, constamment, passe auprès de la malade en expérience, la touche et se tient dans son voisinage; sans parler de l'action de la volonté, qui ne peut pas être cependant négligée parce qu'elle se manifeste par les yeux, par la parole et peut-être aussi autrement, l'action du corps doit être grande. C'est une source de chaleur, d'actions chimiques, électriques, magnétiques, etc. Il est impossible qu'elle n'agisse pas, même à distance, sur les malades en expérience. Quelle part doit être faite à cette action dans les résultats obtenus? Il est impossible de le déterminer aujourd'hui, mais peut-être le pourra-t-on un jour. Parmi les expériences dont les résultats peuvent avoir été faussés par la condition dont je parle, je ne veux en signaler qu'une, dont je n'ai pas encore parlé.

La commission avait constaté que les plaques de platine étaient sans action; elle avait aussi constaté que, mises en rapport avec les deux pôles d'un courant, elles agissaient; elle eut alors l'idée de rechercher si des plaques, mises préalablement en rapport avec un courant, puis séparées, n'au-

raient pas une action particulière. L'expérience fut faite et démontra que les plaques, ainsi préparées, agissent; seulement on ne remarqua pas que, pendant tout le temps, ces plaques avaient été tenues par un des membres de la commission. Qui peut dire quelle fut l'action personnelle de ce membre de la commission?

Un détail, inaperçu peut-être des expérimentateurs, m'a donné l'éveil sur la nature de quelques-uns des phénomènes observés. Je veux parler du *sommeil invincible* qui s'est emparé de quelques-unes des malades en expérience. Je le trouve signalé plusieurs fois dans les faits que je viens d'analyser. Qu'est-ce que ce sommeil? Est-ce aussi une action métallique, ou bien va-t-on, dans quelques jours, nous dire qu'il s'agit là des phénomènes décrits sous le nom de magnétisme? Les éléments dont je dispose ne permettent pas de résoudre cette question; je me borne à la signaler aux intéressés, persuadé qu'ils sauront démêler ce qu'il y a de vrai dans cette hypothèse.

J'en ai fini avec l'exposé des faits et les réserves qu'ils m'inspirent. Il faut, pour conclure, résumer les résultats obtenus. Je le fais dans les propositions suivantes :

1° L'application externe d'un métal peut réveiller la sensibilité disparue, augmenter la force musculaire diminuée, activer la circulation et élever la température;

2° Le métal qui, en applications externes, s'est montré actif, peut avoir la même action administré à l'intérieur et produire, lorsqu'il est assez longtemps continué, une guérison durable;

3° Les courants électriques faibles, l'électricité statique, les aimants, les électro-aimants, les solénoïdes produisent une action analogue à celle des plaques métalliques;

4° Les applications métalliques externes et les applications équivalentes, lorsqu'elles réveillent la sensibilité disparue et la force musculaire dans un côté, produisent, dans les parties symétriques du côté opposé, une diminution correspondante. Ce phénomène est désigné sous le nom de *transfert de la sensibilité;*

5° Chez un anesthésique, traité par la métallothérapie interne, la sensibilité revenue peut être de nouveau supprimée par l'application externe du métal actif ou par l'action d'un courant électrique équivalent (insensibilité postmétallique ou postélectrique);

6° L'application simultanée de deux métaux, l'un actif, l'autre neutre, ne produit aucune action, que les métaux soient superposés ou éloignés;

7° L'application d'un métal neutre, lorsque le métal actif a déjà produit son effet, prolonge son action et quelquefois la rend définitive. On dit que, dans ce cas, le métal neutre *fixe* l'action du métal actif.

On pourrait ajouter peut-être quelques autres conclusions, mais celles-là seules me paraissant acquises, je crois devoir laisser aux travaux à venir le soin de les étendre.

M. Burq peut être satisfait; sa doctrine a fait son entrée dans le monde scientifique par la grande porte, et à son nom semble être désormais acquise la célébrité. Qu'il y prenne garde pourtant et pense à la défendre; qu'il songe bien, dès à présent, à établir ses titres de propriété. Avant peu tous les hardis travailleurs qui, à l'envi, défrichent l'île féconde qu'il a découverte, s'en considèreront, peut-être, comme les vrais possesseurs et lui-même alors pourra y être regardé comme un étranger. C'est presque une loi de l'histoire que tous les inventeurs, après avoir subi les dédains et les mépris, aient à lutter ensuite pour ne pas être dépouillés. Leur invention est, pendant la première période, inutile ou mauvaise, pendant la seconde, elle n'est point leur œuvre et on trouve de nombreux précurseurs qui avaient vu avant eux et mieux qu'eux. M. Burq n'échappera pas à ce sort. La première période est passée, qu'il se prépare à la seconde.

Nous voudrions aussi le prémunir contre un autre danger : qu'il ne considère pas la partie comme définitivement gagnée. Ce n'est pas la première fois qu'on voit une académie, longtemps indifférente ou hostile, s'émouvoir enfin et nommer une commission pour vérifier des faits que, jusque-là, elle avait

niés sans examen; ce n'est pas la première fois non plus que, mise en présence de la réalité, une commission se laisse émouvoir et le proclame.

En 1825, si je ne me trompe, à la demande d'un confrère, encore vivant et fort considéré pour ses travaux et son caractère, l'Académie de médecine, jusque là rebelle, se décida à examiner ce qu'il y a de vrai dans le magnétisme et le somnambulisme. Malgré la protestation de quelques-uns de ses membres, qui voulaient s'en tenir à la condamnation prononcée en 1784 sur le rapport de Bailly, elle nomma une commission où entrèrent des hommes comme Adelon, Pariset, Husson. Cette commission fit des expériences publiques et nombreuses qui tournèrent à la gloire du magnétisme, et Husson le proclama avec une louable impartialité dans un rapport qu'il lut devant la docte assemblée. Les magnétiseurs crurent leur triomphe définitif, toutes leurs publications de l'époque en témoignent, et cependant, quelques années après, la question revenait encore une fois devant l'Académie, et cette fois les somnambules y avaient un autre sort. C'était M. Dubois (d'Amiens), de caustique mémoire, qui se chargeait de leur exécution. Depuis, les partisans du magnétisme n'ont plus fait de recrues dans le corps médical. Que les dieux du jour préservent d'un pareil sort la métalloscopie et la métallothérapie!

Dr Henri Desplats,
Professeur de clinique médicale
à l'Université catholique de Lille.

L'ART FORESTIER

FRANÇAIS

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878.

PREMIÈRE PARTIE.

L'ART FORESTIER EN GÉNÉRAL.

I.

Principes généraux. Aménagement

Parmi les champs si nombreux et si divers où s'exerce l'activité humaine, il en est peu, croyons-nous, qui offrent un ensemble plus complexe, qui englobent des connaissances et des industries plus variées que cet agrégat de sciences appliquées, de spéculations, de pratiques et de métiers de toutes sortes, réunis sous cette dénomination générique : l'Art forestier.

L'art forestier comprend d'abord et essentiellement la *sylviculture*, c'est-à-dire cette branche de l'agriculture qui a pour objet les arbres associés ou groupés en ces collections ou massifs plus ou moins vastes connus sous la dénomination

de bois et de forêts. Mais déjà la sylviculture seule procède de plus d'une science et confine à plusieurs autres, et son domaine se confond par plus d'un point avec ceux de l'agriculture générale.

Avec celle-ci elle possède en commun l'étude des sols et des climats, la considération des expositions et des altitudes; et la question du pâturage des bestiaux la touche trop souvent et de trop près pour qu'elle puisse lui demeurer complétement étrangère.

L'horticulture elle-même n'échappe pas à sa compétence; et soit qu'il s'agisse de créer, d'aménager et d'entretenir des pépinières forestières, soit qu'il y ait à expérimenter le tempérament et les exigences des essences exotiques pour en tenter la naturalisation, soit enfin qu'il faille procéder à des repeuplements et les entourer de soins spéciaux, nécessaires pour les amener à l'état de peuplements forestiers proprement dits, la culture des bois suit des errements analogues à celle des parcs, des paysages et des jardins.

Et cependant que le forestier praticien applique en tous ces points les données acquises par sa propre expérience ou par celle de ses devanciers, l'homme d'étude et de recherche, le penseur, le savant va demander à la minéralogie et à la géologie une connaissance approfondie et raisonnée du sol de la forêt commise à ses soins. Par de patientes observations météorologiques il cherchera à se rendre compte de l'influence des forêts sur la température, l'humidité ou la sécheresse de l'atmosphère et réciproquement. Par l'analyse chimique il pénètrera les secrets de la composition et de l'alimentation des végétaux ligneux, du degré proportionnel d'action, sur leur formation et leur développement, des éléments puisés dans le sol et de ceux que leur fournit l'atmosphère.

Ainsi, au seuil même de la sylviculture, nous avons déjà rencontré les données générales de l'agriculture et de l'horticulture, la géologie, la minéralogie, la météorologie et la chimie agronomique.

Pénétrons plus avant.

Le domaine spécial et en quelque sorte réservé de la culture des bois comprend d'abord les *essences*, c'est-à-dire les espèces d'arbres qui entrent ou peuvent entrer dans la composition des peuplements forestiers. Poussée jusqu'aux derniers développements dont elle est susceptible, cette étude embrasse un cadre des plus étendus.

Deux modes de reproduction appartiennent à la généralité, — non à la totalité — des arbres de nos climats : coupés par la base et à un âge relativement avancé, ils rejettent autour de leur souche; parvenus à l'âge de la fructification et de la maturité du bois, soit 80, 120 ou 200 ans, suivant les circonstances et les essences, ils disséminent sur le sol environnant leurs graines qui y germent, préparant ainsi la régénération et la perpétuation du massif. De ces deux modes de croissance découlent deux modes de culture, de *traitement*, des bois et forêts : le *taillis* quand on attend leur régénération du rejet des souches; la *futaie* lorsqu'on prépare ou qu'on laisse se faire cette régénération par les semis naturels. Il y a plusieurs manières d'élever les massifs de futaie; et entre ceux-ci et les taillis purs, il y a un mode mixte qui tient de l'un et de l'autre, c'est le taillis *sous futaie* appelé encore *taillis composé*. Dans ce dernier les tiges des arbres réservés pour croître en futaie, fréquemment privées de l'abri du taillis qui les environne au dessous de leur cime, se couvrent de branches latérales appelées *gourmandes* qui usent la sève au détriment de cette cime; celle-ci elle-même ne prend pas toujours, pendant la jeunesse de l'arbre, une forme suffisamment régulière et élancée : l'émondoir, la serpe et le croissant seront en ce cas les instruments de la culture forestière pour parer à ces dangers.

C'est par siècles ou tout au moins par grandes fractions de siècles qu'il faut compter en sylviculture, alors qu'en agriculture on compte par périodes annuelles, triennales ou tout au plus septennales. Et comme la vie humaine n'atteint pas même un siècle, pouvant s'estimer très favorisée quand

elle parvient seulement aux trois quarts de cette durée, le forestier qui est homme et qui cultive la forêt pour l'usage et le profit des hommes, doit effectuer simultanément ce qu'il ne saurait lui être donné de pratiquer pendant une succession d'années plus que séculaire. De là, la nécessité de l'*aménagement* de la forêt, c'est-à-dire de son partage en séries, cantons et parcelles permettant d'asseoir chaque année, sur le sol qui le porte, une ou plusieurs exploitations dont les produits représentent le quantum de ce qu'elle peut fournir annuellement sans anticiper sur l'avenir, ce qu'en terme de métier on appelle la *possibilité* de cette forêt.

Lorsque la forêt à aménager est de faible étendue, deux ou trois cents hectares par exemple, et traitée en taillis simple ou composé, le peuplement en étant d'ailleurs régulier et homogène, l'opération est assez simple : elle consiste, après le levé topographique de l'ensemble, dans la division de la surface totale en autant de parcelles d'égale contenance qu'il y a d'années dans l'âge auquel on se propose d'exploiter le bois. Cet âge est celui de l'*exploitabilité* et le nombre d'années dont il se compose s'appelle la *révolution*. Ce partage une fois fait et fixé sur le terrain, il ne s'agit plus que de régler les exploitations annuelles de manière à arriver le plus rapidement possible à avoir une graduation d'âges parfaite depuis 1 an jusqu'à 20, 30 ou 35 ans, suivant que le nombre des coupes et des années de la révolution adoptée est de vingt, trente ou trente-cinq.

Mais cette opération, si simple pour un bois taillis de minime étendue et d'un peuplement régulier, devient d'une complication étrange quand il faut opérer sur de grandes masses telles que des forêts de plusieurs milliers d'hectares, surtout si ces forêts doivent être traitées en futaie, et, plus encore, s'il s'agit de convertir des taillis en futaie pleine, ou de transformer un mode de futaie en un autre.

La statistique, l'économie industrielle et commerciale, la géodésie auront d'abord une part importante dans la préparation du travail. La statistique réunira toutes les circon-

stances de situation, d'éléments de dommage et d'amélioration, de prix de revient, de voies de transport, de valeur et de débit des bois, etc., devant entrer en considération dans le mode d'aménagement qui sera adopté. L'économie publique éclairera l'aménagiste sur les besoins de la consommation, sur les débouchés, sur les produits les plus utiles ou les plus avantageux à obtenir de la forêt. La géodésie servira à établir la carte, dans l'ensemble et dans les détails, de la région boisée à soumettre à l'aménagement, la rattachera aux grandes lignes trigonométriques de la géodésie générale, en déterminera les cotes de niveau et la configuration en relief, tracera les périmètres de division intérieure des séries et des parcellaires.

Tels sont les principaux travaux préparatoires de l'aménagement.

Le partage de la forêt en plusieurs *séries* comprenant chacune un aménagement particulier et distinct, le choix du mode à lui affecter, la détermination de l'exploitabilité et de la révolution dans chaque série, détermination basée sur la loi d'accroissement moyen des bois qui la composent, en un mot le *plan d'exploitation*, offrent à l'aménagiste un ensemble de travaux non moins indispensables que les précédents et par lesquels il entre plus avant dans l'étude de la vaste question qu'il doit résoudre. On se rendra compte des difficultés sans nombre auxquelles il faut ici faire face, si l'on considère toutes les opérations transitoires que l'on doit prévoir et préparer pour arriver, graduellement et avec le temps, à l'aménagement normal que l'on a en vue : si un massif de 500 hectares de haute futaie, exploitable à 150 ans par exemple, a été de temps immémorial, exploité sans plan arrêté et de telle sorte que les différents âges du peuplement y soient épars sans ordre apparent, ce n'est qu'à la suite d'une et peut-être de deux révolutions provisoires ou transitoires que les âges auront pu être régularisés de manière à se succéder de proche en proche suivant une gradation normale. Le forestier aménagiste doit donc prévoir,

par l'étude des faits antérieurs, ce qui se passera dans l'ordre des phénomènes de végétation, pendant toute la durée des périodes transitoires, et tracer son plan d'exploitation de manière à ce qu'il soit clair et facilement applicable pour les forestiers des générations qui succèderont à la sienne.

Ce n'est pas tout encore.

Si, dans les séries à peuplement homogène aménagées en taillis, la possibilité se règle par le partage de cette série en *coupes* de même contenance et en nombre égal à celui des années de la révolution, il n'en est plus de même pour les séries de futaie. Ici le rendement en produits matériels n'est plus proportionnel à l'étendue du terrain sur lesquels ces produits sont récoltés, mais bien au nombre de mètres cubes, autrement dit au *volume* des arbres à abattre. Pour établir la possibilité par volume d'une forêt ou série de forêt, il faut déterminer le volume actuel du matériel sur pied de cette forêt ou série, apprécier exactement son accroissement annuel et, à l'aide de ces données, calculer son volume futur. Opération d'une délicatesse extrême et qui ne peut être faite avec des chances suffisantes de précision et d'exactitude, que pour la première des périodes d'années, ordinairement de 10 ou 20 ans, suivant lesquelles on partage les révolutions de futaie, et sur la parcelle de la forêt ou série correspondant à cette première période. Avant le commencement de chaque période les calculs doivent être faits à nouveau en ce qui concerne la parcelle de forêt ou *affectation* correspondante.

La possibilité par volume étant fixée pour une période de vingt ans par exemple (c'est la plus fréquemment employée), il s'agit de régler les abattages d'arbres annuels de manière à atteindre sans le dépasser le nombre de mètres cubes qui représente cette possibilité.

Ces abattages sont en même temps des opérations culturales. Supposons une forêt de futaie *normale*, c'est-à-dire dans des conditions de régularité idéales et dont les âges se suivraient de proche en proche et de telle sorte que

la première affectation contenant des bois de 1 à 20 ans, et la dernière (admettons une révolution de 100 ans) des bois de 81 à 100, les affectations 2e, 3e et 4e contiendraient des arbres de 21 à 80 ans toujours placés à peu près dans l'ordre de leur âge. Tandis que, dans l'affectation comprenant les arbres de 81 à 100 ans, les coupes *principales* seront assises sur la partie la plus âgée, des coupes accessoires dites d'*éclaircie* devront se faire dans les affectations 2, 3 et 4, pour desserrer les massifs et permettre aux arbres restants d'atteindre un développement en diamètre proportionné à leur développement en longueur. Vingt années seront employées à faire parcourir la 5e affectation par les coupes principales, et si celles-ci ont été bien conduites et les travaux auxiliaires bien dirigés, la dernière d'entre elles devra laisser la 5e affectation régulièrement couverte de bois âgés de 1 à 20 ans, ou mieux de 20 ans à 1 an. Chacune des affectations 1 à 4 ayant 20 ans de plus, les coupes principales attaqueront, avec la nouvelle période, la 4e affectation, et les éclaircies continueront à s'étendre dans l'affectation n° 1, mais en se basant sur une nouvelle détermination de la possibilité, faite dans les dernières années de la période précédente.

Tel est, très succinctement exposé, le fonctionnement d'un aménagement de futaie dans les conditions normales. Est-il besoin d'ajouter que de telles conditions ne se réalisent que bien rarement au moins d'une manière complète? Bien autrement compliquées sont les coupes et exploitations qui ont pour but de préparer et d'amener une pareille régularité dans un lointain avenir. Nous n'avons pas à en exposer même sommairement les conditions dans cet aperçu rapide.

Mentionnons seulement pour mémoire les systèmes de traitement en futaie appelés à *tire et aire*, et *forêts jardinées*. Le premier est dû à l'ordonnance de Louis XIV (août 1669) « sur le fait des eaux et forêts » comme on disait alors, qui prescrivait de ne couper les bois que de proche en proche et seulement à l'âge de leur dépérisse-

ment; c'était en quelque sorte l'aménagement des taillis simples appliqué même à la futaie : si un bois de futaie devait s'exploiter à cent ans, on coupait, chaque année et en allant toujours devant soi, un centième de la contenance totale, et il était défendu de toucher à aucune partie du massif, de manière à n'attaquer jamais que du bois ayant atteint pour le moins l'âge fixé. Ce système tout primitif qu'il fût, mit un frein à bien des déprédations, et ne contribua pas peu à conserver à la France une part importante des forêts qui lui sont restées; dans les travaux d'aménagement que l'administration a entrepris depuis une cinquantaine d'années, les massifs que le régime de tire et aire avait préservés ont fourni, par leur régulière gradation d'âges et le bon état de leur sol, des éléments précieux pour la transformation en futaies normales des forêts ainsi traitées auparavant.

Quant au traitement *jardinatoire* ou *jardinage*, aux abus duquel l'ordonnance royale de 1669 avait cherché à remédier, il consiste à couper les arbres isolément et sans ordre apparent partout où on les trouve. Sainement pratiqué, c'est-à-dire n'atteignant que les arbres véritablement parvenus à maturité, ce système, dont l'effet est d'avoir en même temps des arbres de tous les âges sur tous les points d'une forêt à la fois, est quelquefois utile, nécessaire même, comme par exemple dans les bois assis sur des pentes extrêmement abruptes, où cette irrégularité, qui a pour résultat de conserver toujours de grands arbres un peu partout, contribue à maintenir les terres et à empêcher leur éboulement. Il a l'inconvénient de ne se prêter que très difficilement à la fixation d'une *possibilité* véritable et à la détermination d'un *rapport soutenu* annuel soit en matière soit en argent (1). Comme le traitement à tire et

(1) On appelle *rapport soutenu*, en aménagement forestier, un revenu annuel, soit en matière soit en argent, qui se maintient sensiblement égal d'une année à une autre, ou du moins qui ne varie que dans une proportion restreinte et comprise dans une tolérance préalablement fixée.

aire, il laisse se perdre, sans profit pour la forêt, les produits des coupes accessoires ou éclaircies qui dans les futaies normales, favorisent la croissance des arbres conservés.

Quel que soit le mode d'aménagement adopté ou suivi, le forestier est exposé à le voir bouleversé de fond en comble par des évènements très indépendants de sa volonté, tant il est vrai qu'en toutes choses l'homme doit être en lutte constante avec les forces de la nature.

Sans parler des trombes et des ouragans exceptionnels, rares heureusement dans nos climats, mais qui, en quelques minutes, renversent parfois des centaines et même des milliers d'hectares de peuplements forestiers, il est une autre sorte de fléau avec lequel on a souvent à lutter. Nous voulons parler des insectes nuisibles : orthoptères, diptères, coléoptères, lépidoptères, larves, vers, chenilles, papillons, pucerons, etc. ; leurs nombres, leurs espèces, leurs formes sont illimités. Les uns s'attaquent aux racines, les autres aux feuilles, ceux-ci au bois, ceux-là à l'écorce. Certains pullulent avec une rapidité vertigineuse, et dans l'espace de quelques semaines envahissent des cantons entiers, s'abattent sur tous les arbres, ceux-ci sur telle essence, ceux-là sur telle autre, et n'en laissent pas un vivant.

Par bonheur ces insectes ont d'implacables ennemis, tantôt dans d'autres insectes, tantôt dans une foule d'oiseaux auxquels ils servent de pâture.

Mais parmi les oiseaux il en est qui vivent aux dépens de leurs congénères, les oiseaux de proie diurnes par exemple.

Connaître les insectes nuisibles et les moyens de les pourchasser et de les détruire, savoir protéger les autres insectes qui combattent les premiers ; avoir une égale compétence vis-à-vis des oiseaux pour veiller à la conservation de ceux qui vivent des insectes nuisibles et encourager la destruction de ceux qui font leur pâture des oiseaux plus faibles qu'eux, voilà encore deux ordres de connaissances, entomologie et ornithologie, auxquels un forestier complet ne doit pas demeurer étranger.

Il doit connaître aussi les divers défauts et maladies auxquels les arbres sont sujets et qui, lors d'une exploitation, peuvent changer complétement les conditions économiques de la production d'une coupe.

II.

Les exploitations.

En dehors des considérations essentiellement culturales qui doivent tout d'abord préoccuper le forestier dans l'élaboration et l'application d'un aménagement, il en est d'autres dont nous avons indiqué quelques-unes, notamment celles qui ont trait à l'économie commerciale et industrielle. Un point de vue non moins important, et qui tient à la fois des unes et des autres, est celui de la viabilité de la forêt. Si riche, si régulière, si normale qu'on la suppose, une forêt que ne traverserait aucune route, aucun chemin, aucune voie de communication, serait une véritable non-valeur; telle a été longtemps et telle est encore, hélas! sur plus d'un point la condition de certaines forêts de montagne, où, faute de moyens de transport, le prix des plus magnifiques arbres, cubant parfois plusieurs mètres, se cotait ou se cote encore à quelques centimes!

Créer un bon système de chemins et de routes, ou améliorer, compléter et entretenir ceux qui peuvent exister, rentre donc nécessairement dans les attributions du forestier; et parfois il se heurte, sur ce point encore, à des difficultés spéciales, à d'étranges obstacles qu'il faut savoir surmonter. Le châlet forestier du Trocadéro offre à ce sujet de curieux spécimens sur lesquels nous aurons à revenir.

Dans les contrées où les arbres de fortes dimensions sont principalement affectés au sciage, des scieries sont nécessaires; et si l'industrie privée n'établit pas de ces sortes d'usines en quantité ou sur une échelle suffisante, le service forestier doit y pourvoir en créant des scieries sur les points

de la région boisée qui se prêtent à un pareil établissement. Par là il accroît ou tout au moins il maintient la valeur des produits de la forêt, en assurant au commerce une facilité de plus pour le débit sur place et par suite pour l'écoulement des marchandises que ce dernier demande à la propriété boisée.

Ceci nous amène au chapitre des exploitations. Elles ne relèvent plus exclusivement du sylviculteur, mais il doit les diriger et les surveiller avec le plus grand soin; car de leur bonne ou mauvaise exécution peut résulter la conservation ou la ruine d'une forêt.

C'est par l'exploitation que l'art forestier se rattache aux innombrables industries qui emploient le bois ou les produits extraits du bois comme matière exclusive ou principale. Nous envisagerons cette partie si importante sous deux aspects différents. Nous distinguerons ce qui, dans l'exploitation, a une action immédiate et directe sur la végétation, de ce qui n'influe sur elle que par voie de conséquence.

L'abattage des arbres, l'extraction des écorces, du liége, des résines, appartiendraient au premier point de vue, tandis qu'au second se rapporteraient la fabrication de tous les produits ayant lieu ou pouvant avoir lieu sur le parterre des coupes et indépendamment du mode d'abattage employé. Ainsi la carbonisation, le débit en bois de feu, en échalas, lattes, étais de mine, traverses de chemin de fer, chevrons, pièces de charpente, merrain, sabotage, boissellerie commune, sellerie et bourrellerie rustique, et enfin sciages de tous emplois et de toutes dimensions.

Dans les forêts ou parties de forêt où les rejets des souches doivent entrer comme élément exclusif ou partiel dans la régénération du peuplement, la bonne exécution de l'abattage est d'une importance majeure et réclame toute la sollicitude du forestier avec une application incessante de ses connaissances en physiologie végétale.

Dans les taillis, l'extraction des écorces du chêne pour la tannerie constitue une branche d'exploitation d'une extrême

importance au point de vue de l'industrie des cuirs. Comme elle oblige à abattre les arbres pendant le seul moment où l'écorce cesse d'être adhérente au bois, c'est-à-dire, pendant le premier mouvement de la sève, le tort fait à la végétation par cette pratique est considérable. On a tenté de substituer à l'extraction des écorces en sève une décortication qui se ferait artificiellement pendant l'hiver au moyen de l'immersion du bois coupé dans un bain de vapeur d'eau à haute température : cette industrie nouvelle, en voie de progrès, n'est pas encore entrée d'une manière au moins prédominante dans l'exploitation des bois; on doit faire des vœux pour qu'elle y arrive promptement.

Dans les contrées méridionales, l'exploitation de l'écorce subéreuse du chêne-liége, et dans le sud-ouest le *gemmage* ou extraction des résines que contient le pin maritime ou pin de Bordeaux, exigent encore de la part du service forestier une surveillance sévère et minutieuse pour concilier autant que faire se peut un rendement suffisamment rémunérateur en ces matières avec la conservation des arbres ou au moins des massifs d'arbres qui les fournissent.

Toutes les autres parties de l'exploitation des bois n'ont d'action sur la végétation que d'une manière indirecte et seulement par le fait, toujours nuisible dans une certaine mesure, du séjour plus ou moins prolongé des produits sur le sol ou parterre des coupes. Mais c'est là encore un mal inévitable et la vigilance du service doit ici s'exercer en vue de stimuler l'activité des exploitants, afin que les délais qui leurs sont accordés, autant que possible, ne soient pas dépassés.

C'est encore à un autre point de vue que le forestier doit s'intéresser aux débits si variés des bois abattus sur le parterre des coupes : ici les préoccupations qui doivent hanter son esprit sont de l'ordre des questions économiques en même temps que basées sur les qualités particulières aux diverses essences, et, pour chaque essence, aux conditions de végétation qui ont été les siennes. Ce second côté de la question sera envisagé quand nous passerons en revue la partie de

l'exposition forestière située au Champ de Mars, classe 44. Quant au point de vue économique, il est aisé de comprendre que des différents modes d'emploi d'un bois d'essence et de qualité données, celui qu'il sera le plus avantageux d'adopter, sera celui qui correspondra aux besoins les plus importants de la contrée à l'approvisionnement de laquelle contribue ou peut contribuer la forêt que l'on considère. La sollicitude du forestier doit donc s'étendre, dans une certaine mesure, à l'emploi que fait l'exploitant des bois qu'il a achetés sur pied et aux débouchés vers lesquels il les dirige : il pourra ainsi lui suggérer quelquefois tel ou tel autre emploi plus avantageux, et toujours acquérir des données précieuses pour l'estimation des produits qu'il aura, les années suivantes, à livrer à la consommation, et par suite pour la direction culturale à donner à la forêt en vue de lui faire rendre les produits les plus utiles ou les plus recherchés.

Cette connaissance, du reste, n'est pas nécessaire seulement au forestier proprement dit, au sylviculteur; elle ne l'est pas moins au commerçant qui trafique des bois et à l'industriel qui les emploie. Ce ne serait pas l'un des moindres profits que le public tirerait de l'exhibition forestière organisée par le service forestier de France à l'exposition universelle de 1878, qu'une connaissance plus générale et plus complète des centres de production des nombreux et variés produits de la culture des bois, des moyens existants ou pouvant être établis pour leur transport économique aux divers marchés et lieux d'emploi, comme aussi des qualités spéciales que le même bois acquiert ou qu'il perd suivant le climat, l'altitude, la nature du sol, l'exposition du lieu où il a crû.

III.

Les essences : (Les arbres feuillus.)

Il est de toute évidence que pour traiter de la marche des exploitations dans une forêt, autrement dit pour se livrer à

la culture de cette forêt, il ne suffit pas de posséder des données générales telles que celles dont nous avons cherché jusqu'ici à tracer une pâle esquisse. Il faut encore avoir une connaissance spéciale et approfondie de la nature, du mode de croissance, du tempérament, des exigences de végétation, comme aussi des emplois industriels et de la valeur comme bois de feu, des arbres de chaque essence.

Assez nombreuses sont les espèces indigènes ou définitivement naturalisées en France, et leur nombre tend, lentement il est vrai, à s'accroître encore par l'introduction d'essences exotiques venues de contrées dont le climat ne présente pas d'écart trop considérable avec quelqu'un de ceux que notre pays se partage. De tous les genres entre lesquels se répartissent les espèces arborescentes de nos bois, le chêne est de beaucoup le plus important. Le chêne est le roi de nos forêts comme l'aigle est le roi des airs et l'homme le roi de la création. Le chêne à lui seul suffirait à tous les usages auxquels le bois est employé. Dans les chantiers de l'entrepreneur de charpente, à l'établi du menuisier et de l'ébéniste, à l'atelier du sculpteur; sous le maillet et la doloire du tonnelier comme entre les mains du vigneron qui étaie ses ceps; dans les galeries étançonnées des mines, sous les rails et à la clôture de nos voies ferrées; sur nos canaux et nos rivières comme sur les vagues de l'océan; dans les pilotis qui soutiennent les arches des ponts comme dans les roues de nos chars; dans les cheminées de nos foyers, dans les fourneaux à charbon qui servent à cuire nos aliments; dans l'écorce en poudre dont le fabricant de cuirs remplit ses fosses, comme dans le liége qui clôt le goulot des bouteilles; le chêne, soit exclusivement, soit dans une proportion plus ou moins forte, le chêne est partout représenté.

Considéré dans l'ensemble de ses espèces indigènes, il s'accommode de nos climats chauds, comme de nos climats tempérés. Dans les terres profondes et fertiles il se délecte et donne, à la suite d'une végétation vigoureuse, des pièces d'un bois nerveux et lourd excellemment propre aux grandes construc-

tions; crû en massifs de haute futaie, il offre, avec sa fibre droite et continue, ses accroissements égaux et minces, un bois de travail et de fente de premier ordre; dans les sols pierreux et peu riches des coteaux et des montagnes, ses tissus maigres et serrés fournissent une écorce et un chauffage de qualité parfaite; et venu sur taillis, la tête largement abreuvée de lumière et d'effluves atmosphériques, le pied fraîchement ombragé par le sous-bois, il produit des pièces de charpente également recherchées pour l'industrie civile et pour les constructions maritimes.

Arbre de lumière, il lui faut pour son feuillage les brûlantes caresses du soleil; irrégulier dans sa ramure il couvre mal le sol qu'il veut cependant frais et arbrité. Aussi demande-t-il à s'associer d'autres essences moins précieuses. A ce roi il faut une cour. Le hêtre, avec son feuillage épais et régulier; le charme qui supporte aisément d'être couvert, le merisier, providence de la gent ailée; l'alisier, le cormier à la fibre serrée, au grain fin et dur; les ormes et les érables au frais et complet ombrage, forment volontiers, ensemble ou séparément, l'entourage du prince; et pourvu que le forestier sache les maintenir au rang qui leur appartient et les empêcher d'usurper sur le domaine du chêne, ils favorisent, par le couvert et les abondants détritus qu'ils procurent au sol, la croissance et le développement du chêne lui-même.

Du bois de hêtre on fait des sabots, des boîtes, des sébiles, des boisseaux, des pièces de bourrelerie, des pelles, des fûts de chaises, des dos de brosses, des bois de tour variés, des traverses, etc., etc., ou bien d'excellent feu et un charbon estimé. Plus encore que le hêtre, le charme donne, après toutefois le chêne des sols secs et pierreux, un chauffage de premier ordre, et grâce à sa fibre coriace, à son homogénéité, à sa grande dureté, il est recherché pour les moyeux de roues, les pièces d'engrenage, les coins et tous objets exposés au frottement ou à de fortes pressions. A l'ébénisterie commune, à la menuiserie, à la tabletterie, à la lutherie même

échoit le merisier, bon bois de travail; et de son fruit, la petite cerise sauvage des forêts, s'extrait, dans quelques-uns de nos départements de l'est, comme dans la Forêt-Noire, le délicieux kirsch-wasser. Des bois d'orme, de cormier, d'alisier, dont la fibre est serrée et coriace, se fabriquent des vis de pressoir, des écrous, des roues dentées; les ébénistes, les tourneurs et les charrons les emploient également, ainsi que les érables qui, à un grain fin, à une teinte jaune pâle agréablement nuancée, joignent le mérite de ne point travailler et de ne pas se laisser attaquer par les vers. Érables, alisiers, sorbiers, ormes, merisiers donnent d'ailleurs tous un bois de feu et un charbon estimés.

Frère, selon la botanique, du hêtre et du chêne, le châtaignier deviendrait comme eux un bel et grand arbre si on le laissait croître, du moins dans les terres granitiques et dans les sols sablonneux ou schisteux. Mais ses qualités comme bois de travail et de construction sont des plus douteuses (1), sauf, dit-on, pour le merrain, tandis que jeune il fournit des échalas et des cercles de première qualité et supérieurs même à ceux qu'on tire du chêne. Dans presque toute la région du Plateau Central son fruit est la base de l'alimentation des populations rurales. Ailleurs, et les terres calcaires fortes ou marécageuses exceptées, il croît en mélange avec le chêne et les autres essences *feuillues*, c'est-à-dire dont les feuilles meurent habituellement à chaque automne pour renaître au printemps. Comme bois de feu et de charbon, le châtaignier est inférieur au chêne.

Comme le chêne, il peut former, dans les sols et les climats qui lui conviennent spécialement, l'essence dominante

(1) L'indigénat lui-même du châtaignier est fortement révoqué en doute aujourd'hui. On est de plus en plus porté à croire qu'il a été introduit en France à une époque inconnue. Il s'y comporte du moins comme nombre d'essences exotiques qui, naturalisées, ne reproduisent plus aucune des qualités qui les signalent dans leur pays d'origine. Dès qu'il parvient à la condition de grand arbre, il est toujours, plus ou moins, taré ou vicié à l'intérieur.

ou exclusive des peuplements forestiers. Ainsi du hêtre, ainsi du charme. Il n'en va pas de même pour les autres essences jusqu'ici énumérées et qu'on ne rencontre guère qu'à l'état de mélange entre elles et avec les premières. A leur liste on peut joindre le frêne, bel et grand arbre au feuillage léger, qui croît à peu près dans tous les terrains, se plaît auprès du chêne, mais affectionne surtout les terres fertiles et fraîches qu'arrosent des eaux limpides, et le micocoulier de Provence, arbre des régions méridionales et de tous les terrains, et qui, assure-t-on, moyennant quelque abri dans sa jeunesse, supporte assez bien le climat du nord de la France. Les bois de ces deux arbres offrent entre eux plus d'une analogie : lourds, durs, tenaces, d'un blanc jaune clair ou rose, ils ont bien des emplois communs, tels que timons et brancards de voitures, aiguillons à bœufs, manches d'instruments et d'outils divers, etc.; ils ont aussi leurs emplois spéciaux, le frêne pour l'ébénisterie et le sabotage, le micocoulier pour les cannes, les baguettes de fusil, gournables et avirons, piquets de tente et surtout pour les manches de fouets dits de Perpignan. Micocoulier et frêne produisent un charbon estimé; et comme bois de feu, bien que donnant moins de chaleur rayonnante que le hêtre, ils sont loin d'être sans valeur.

Si le chêne aime à croître en mélange avec d'autres essences, il faut excepter de celles-ci le robinier, vulgairement acacia, espèce essentiellement envahissante et qui dans un sol frais, divisé et fertile, se propage par les rejets de ses racines avec une telle rapidité qu'il étouffe peu à peu toutes les autres essences pour régner seul. — Son bois lourd, nerveux, élastique et dur, quoique un peu cassant est d'une très longue durée; pour les échalas, les pieux, les cercles, les gournables, les rais de roues, il est supérieur au chêne, et sa croissance est bien plus rapide. Introduit d'Amérique en France par Robin, il y a près de trois siècles, le robinier faux acacia (*Robinia pseudo-acacia*) est aujourd'hui si bien acclimaté et tellement répandu qu'il va de pair avec toutes nos essences indigènes.

Parmi les bois feuillus, d'autres espèces encore contribuent à peupler nos forêts : ce sont les *bois blancs* et les *morts-bois*. Les arbres que nous avons jusqu'ici passés en revue sont classés comme *bois durs*. Les *blancs* sont encore de beaux et grands arbres : le bouleau, l'aune, le tilleul sont bien loin de déparer nos forêts; la blancheur de neige de l'écorce du bouleau et ses ramilles gracieusement retombantes, la verdure sombre et la feuillée élégante de l'aune, l'ampleur et la régularité des formes du tilleul des bois, feraient de ces trois arbres les dignes compagnons du chêne, si les qualités de leur bois pouvaient lui être comparées. Ce bois n'est cependant pas sans avoir ses mérites spéciaux : tendre et d'un grain fin et égal dans le tilleul, il est recherché des menuisiers, des ébénistes et des sculpteurs; rosé en plus dans l'aune, il répond aux mêmes besoins, et inaltérable sous l'eau, il est, dans les constructions hydrauliques, d'une durée presque indéfinie; enfin dans le bouleau, le moins tendre des bois blancs, il est, grâce à sa fibre coriace, à sa légèreté spécifique et à sa résistance à la vermoulure, estimé des charrons, des sabotiers et même des menuisiers. Tous trois viennent dans tous les terrains qui ne sont point trop compactes ou trop arides, et l'aune préfère les sols humides et marécageux qu'il assainit. De la partie interne de l'écorce du tilleul on fabrique des nattes grossières et des cordages estimés, et l'écorce du bouleau sert à la préparation des cuirs de Russie, tandis que celle de l'aune, très riche en tannin, pourrait servir dans la fabrication des cuirs ordinaires. La rapidité de leur croissance compense en partie la moins-value des qualités de leur bois.

Le saule et le tremble, ce dernier du genre peuplier, sont aussi des bois blancs; et une fois qu'ils ont pris pied dans un massif forestier ils ne tarderaient pas, si la culture n'y mettait ordre, à l'envahir en entier en supplantant les essences plus précieuses. Des rejets de leurs racines, des innombrables graines velues qu'ils livrent chaque année à tous les vents, leur naît une progéniture innombrable et à

croissance rapide dont il faut savoir contenir les envahissements. De ces deux arbres on tire de la volige, divers ouvrages de fente, parfois du chevronnage et de la menue charpente. Si l'on excepte le bouleau et l'aune qui possèdent quelque valeur calorifique, les bois blancs ne peuvent fournir qu'un très piètre chauffage et de mauvais charbon.

Les *morts-bois* ne sont pas des bois morts; ce sont des arbrisseaux. Parmi ceux qui ont une valeur industrielle, il faut citer : le cornouiller sanguin à la très lente croissance mais très dur, très tenace, très homogène, recherché pour manches d'outils, cannes, échalas, fourches, cercles, etc., le coudrier ou noisetier, bois « demi dur et demi lourd, » dit M. Mathieu (1), dont on fait des perches, du cerclage, et que l'on emploie aussi dans la vannerie; la bourdaine dont le charbon entre dans la fabrication de la poudre à tirer; le fusain qui peut, carbonisé, servir au même usage, mais de préférence employé pour le dessin; le buis qui, malgré l'extrême lenteur de sa croissance, peut devenir avec le temps un petit arbre d'un bois lourd, fin, homogène à la belle couleur jaune, précieux pour les tourneurs, tablettiers, graveurs, etc., et dont les racines épaisses et noueuses se transforment, par la sculpture, en personnages et animaux fantastiques ou grotesques; le houx aux feuilles piquantes, persistantes, d'un vert lustré, et dont l'écorce est employée dans la fabrication de la glu, le bois pour des cannes et de menus ouvrages variés; enfin l'ajonc et le genêt qu'on emploie au chauffage des fours, ou bien encore, le premier à fournir par ses jeunes pousses hâchées un fourrage estimé, le second à faire de très rustiques clôtures.

(1) *Flore forestière* de France. *Corylacées*, art. *Coudrier*.

IV.

Les essences (les conifères).

Il y aurait à joindre à la liste qui précède les genévriers et les sabines; mais ces arbrissaux rentrent dans une catégorie de végétaux dont nous n'avons pas encore parlé et que nous ne saurions passer sous silence, car plusieurs d'entre eux forment soit seuls, soit mélangés entre eux ou avec les feuillus, de vastes et importantes forêts.

Nous voulons parler des *arbres résineux* ou *conifères*, également appelés *arbres verts* parce que, à l'exception d'un seul d'entre eux, le mélèze, ils conservent pendant plusieurs années de suite leurs feuilles de forme sensiblement linéaire appelées *aiguilles*, et gardent ainsi leur verdure hiver comme été.

Les *résineux* une fois coupés par le pied ne repoussent plus; leurs souches périssent sans donner aucun rejet. On ne peut donc les exploiter en taillis; le régime de la futaie leur est seul applicable. Les genres de conifères indigènes ou anciennement naturalisés dans les forêts de France, l'Algérie non comprise, sont au nombre de quatre : le sapin, l'épicéa, le mélèze et le pin. Les espèces et variétés de ce dernier genre sont tellement nombreuses et diffèrent tellement entre elles par leurs exigences culturales de toute nature, par leur tempérament, leur mode de croissance comme par les usages et emplois de leurs produits qu'il sera nécessaire de mentionner séparément les principales.

Seul ou mélangé avec le sapin, le chêne et le bouleau, le pin sylvestre peuple d'importantes forêts dans les plaines et sur les contreforts des montagnes du nord et du nord-est de la France, ainsi qu'aux hautes altitudes de la chaîne des Pyrénées, cultivé comme il doit l'être, c'est-à-dire élevé en massifs de futaie pleine fréquemment et suffisamment éclaircis, il peut atteindre jusqu'à 30 à 35 mètres d'élévation avec 4 mètres de circonférence. Dans les régions septentrionales

ou à une altitude très élevée (variété dite pin rouge, du Nord ou de Riga), sa croissance lente et régulière lui donne une élasticité qui, jointe à sa légèreté et à sa durée, le rend précieux pour la mâture qui n'emploie guère d'autres bois. Il sert du reste à tous les ouvrages de la charpente et de la menuiserie. Ses branches sont relativement pressées, parfois volumineuses et son feuillage épais.

Le pin laricio est l'essence dominante des montagnes de la Corse. Il vient naturellement droit, même à l'état isolé. Ses branches sont grêles, son feuillage léger, sa cime aiguë, ses formes gracieuses; c'est un excellent bois de service et de travail, propre à tous les emplois de la construction. Comme le pin sylvestre il s'accommode à peu près de tous les sols; il préfère cependant une terre argileuse point trop compacte.

Bien différent des pins sylvestre et laricio est le pin maritime aux feuilles épaisses et allongées, mais peu nombreuses, à l'écorce d'un gris sale et terne profondément gercée, à la tige plus souvent contournée que droite, au bois grossier, sans souplesse, de qualité secondaire. Ce pin joue cependant un rôle considérable en France : exclusivement silicicole, c'est lui qui, sur le littoral de l'Atlantique, arrête l'envahissement de la contrée par les sables que l'Océan rejette sur ses rives et que les vents poussent dans l'intérieur des terres. Cette fixation des dunes est une des branches ou applications de l'art forestier dont nous aurons à parler plus loin, et dont le pavillon des forêts, au Trocadéro, a donné de curieux spécimens. De tous les résineux le plus résineux, le pin maritime est, en France, le seul conifère que l'on exploite encore pour sa résine malgré la concurrence redoutable des résines du nord de l'Amérique. Nous aurons, par la suite, à parler avec quelques détails de cette curieuse industrie du résinage ou *gemmage* des pins.

Naguère la Provence pratiquait le gemmage sur le pin d'Alep, arbre des plaines et collines calcaires de la région méditerranéenne, et l'on voyait encore à l'exposition de 1867

les pittoresques échelles des résiniers de ce pays, composées d'une simple perche encochée de distance en distance. Les produits du résinage du pin de Provence ayant cessé d'être rémunérateurs, cette industrie n'est plus guère pratiquée aujourd'hui. On emploie le pin d'Alep comme bois de charpente et de travail, et son écorce, bien que moins riche en tannin que le chêne, sert à la préparation de certains cuirs et à la teinture des filets de pêche.

Un autre pin, particulier à nos départements du midi, est le pin pinier ou pin d'Italie,appelé encore pin parasol à cause de la forme particulière de sa cime qui, loin d'affecter la forme pyramidale des autres conifères, s'étale en ombelle lorsque l'arbre atteint l'âge adulte. La volumineuse pomme de ce pin, ou son cône, contient des graines oblongues du volume d'une petite noisette et dont l'amande est comestible. D'un grain fin, le bois du pin pinier, souple, résistant et léger, fournit d'excellente charpente. Les bordages et même les mâts de la marine turque sont faits avec cette essence qui se rencontre dans tout le bassin de la Méditerranée.

Tous ces pins, du sylvestre au parasol, sont dits pins à feuilles géminées ou à deux feuilles, parce que leurs feuilles sortent deux par deux enveloppées à leur base d'une gaîne commune. Les deux pins dont il nous reste à parler sont des pins à cinq feuilles ou à feuilles quinées. Le cembro, habitant avec le mélèze des hautes altitudes des Alpes, notamment dans le Briançonnais, (2000^{m}), est un pin d'une lenteur de croissance désespérante. Son écorce verdâtre est lisse et unie; son cône donne, comme celui du pin parasol, une graine comestible; son bois homogène, blanc, léger et tendre, sert à faire de menus objets sculptés, des jouets et des bardeaux d'un très long usage.

Le pin Strobe, plus connu sous le nom de pin de Lord Weymouth ou plus simplement pin Weymouth, pin du Lord, est aussi un pin à cinq feuilles. Originaire du Canada et des États du nord de l'Union américaine, d'où il a été importé en Europe au commencement du siècle dernier par le lord

anglais dont il a pris le nom, le pin Strobe a une croissance rapide, s'accommode un peu de tous les terrains, mais surtout des fonds humides, forme un très bel arbre d'ornement, sans accuser toutefois en Europe les qualités remarquables qui le distinguent dans son pays d'origine. Chez nous, il ne dépasse pas la valeur moyenne des bois blancs.

Le sapin et l'épicéa se distinguent des pins d'une manière bien tranchée, mais un œil peu exercé pourrait, en les voyant à distance, les confondre entre eux. L'un et l'autre a le tronc droit et porte le sommet de la sombre pyramide de sa cime jusqu'à 30 et 40 mètres au-dessus du sol. Sur l'un et l'autre, les branches grêles retombent gracieusement sous le poids d'une épaisse feuillée. Mais le sapin a l'écorce d'un gris cendré, parfois presque blanc, les aiguilles ou feuilles relativement larges et aplaties, d'un vert noir et lustré à la face supérieure, striées à la face inférieure de deux raies longitudinales d'un blanc d'argent; le cône mince et allongé se dresse verticalement sur le rameau, et s'effeuille, écaille par écaille, à la maturité de la graine. — L'écorce de l'épicéa tire sur le roux; ses aiguilles, plus courtes et moins larges que les feuilles du sapin, sont de forme prismatique, d'un vert uniforme et moins sombre; le cône un peu plus renflé pend à l'extrémité des rameaux et tombe tout d'une pièce quand les écailles se sont écartées pour laisser sortir la graine. Le sapin enfonce verticalement en terre ou entre les rochers de profondes racines; celles de l'épicéa courent au loin presque à fleur de sol, et de cette différence considérable entre les modes d'enracinement découlent, pour ces deux arbres, des différences non moins grandes dans leurs modes de traitement, l'un pouvant résister énergiquement aux efforts de la tempête, l'autre étant trop souvent le jouet des moindres caprices du vent.

Ces deux essences forment, soit sans mélange, soit associées l'une à l'autre ou avec le hêtre, d'importantes forêts dans les chaînes des Vosges, du Jura, des Alpes et même des Pyrénées. Toutefois l'aire d'habitat est plus étroite pour le sapin

que pour l'épicéa qui s'élève à de plus hautes altitudes et descend plus bas. Les qualités et les usages du bois sont à peu près les mêmes pour ces deux arbres : blanc, léger, élastique, très résistant dans le sens horizontal, le bois de sapin et d'épicéa est précieux, comme charpente, pour toute espèce de constructions; comme bois de fente, de sciage et de travail, il est employé à des usages sans nombre.

A la forme aciculaire des feuilles de tous nos résineux, le mélèze joint la verdure tendre et gaie des arbres feuillus, renouvelant comme eux sa feuillée toute entière à chaque printemps. Il est par excellence l'hôte des hautes régions des Alpes niçoises, savoisiennes et dauphinoises (de 1300 à 2200 environs d'altitude) : là, sous un climat de glaces et de neiges interrompues pendant un rapide été par les brûlantes ardeurs du soleil des montagnes, il croît avec lenteur, mais pendant plusieurs siècles; son bois, d'une coloration rouge très caractérisée, est alors très dur, très lourd, très résineux; souple et résistant, il ne se gerce pas à l'air et les insectes n'ont pas de prise sur lui. Il pourrait être en ces conditions employé aux mêmes usages que le chêne et lui serait peut-être supérieur ; ses traverses de chemin de fer ne le cèdent point à celles du roi de nos forêts. Il est, pour les constructions de toute nature, de qualité exceptionnelle; ses planches, son merrain, ses échalas, ses poteaux télégraphiques sont avec raison des plus estimés. Comme bois de chauffage il est inférieur même aux autres résineux, mais son charbon est préférable et assez employé aux usages ménagers.

Transplanté dans les riches alluvions des vallées ou dans les terres divisées des coteaux et des collines, il croît rapidement, mais n'a plus ni les brillantes qualités ni l'extrême longévité qu'il acquiert dans les Alpes. On aurait tort cependant de le proscrire, car la promptitude de sa croissance compense en partie l'infériorité de son bois qui, si on le considère alors comme bois blanc, ne reste pas sans mérite.

V.

Reboisement et gazonnement des montagnes.

Cette rapide revue des principales essences d'arbres qui, en France, peuplent nos forêts soit à titre indigène, soit par suite d'une naturalisation assez ancienne déjà pour équivaloir à l'indigénat, était nécessaire dans un exposé général de l'art forestier. Elle facilitera singulièrement notre tâche quand nous en serons à l'étude détaillée des manifestations extérieures de cet art à l'exposition universelle. Nous aurons sans doute à revenir sur la plupart d'entre elles tant sous le rapport industriel et commercial que, dans certains cas, au point de vue de leur influence sur le sol et les climats : mais alors ce seront pour nous des sujets déjà familiers, presque de vieilles connaissances, et si nous avons par la suite à étudier les essences exotiques naturalisées depuis peu ou en voie de naturalisation, nous aurons dans nos espèces indigènes d'excellents points de comparaison.

Il est encore d'autres applications de l'art forestier.

Celle qu'on nomme assez improprement, depuis les lois du 28 juillet 1860 et du 20 juin 1864, qui l'ont fait naître, « reboisement et gazonnement des montagnes, » serait beaucoup mieux nommée la *restauration* des montagnes. Les travaux de reboisement et de gazonnement ne sont que le couronnement, la fixation durable de cette œuvre de reconstitution. Avant de couvrir de végétation ligneuse ou herbacée des rochers dénudés, des amoncellements de pierre ou des lits de torrents sans cesse variables, il faut d'abord créer un sol végétal sur la roche nue ou dans les interstices des pierres, régulariser, fixer le cours des torrents et donner une assiette stable à leurs lits, en attendant qu'on puisse les éteindre.

L'extrême variabilité des torrents est la cause de la ruine des montagnes. Une série de pluies violentes, une brusque fonte de neige, une débâcle de glaces suffisent à créer sur

une pente unie mille ravinements que se creusent les eaux. La route ainsi tracée, chaque pluie d'orage accroît le dégât; la ravine devient le large lit du torrent dont les affouillements minent sans cesse les rives; il les dégrade en entraînant les terres et les rochers qu'il leur a arrachés, jusqu'à ce que toute la masse, eaux, boues vaseuses, sables, graviers, pierres et quartiers de roche, vienne se précipiter dans la vallée qu'elle engloutit sous un cône de déjection toujours grandissant.

Nous n'entreprendrons pas de décrire et d'expliquer mal ce qui a été exposé ici même avec tant de science et de compétence par M. de Lapparent dans sa courte mais brillante étude sur les inondations (1). On sait que le torrent, après s'être déchargé des matières les plus lourdes par lui entraînées, continue sa course dévastatrice dans les rivières où ses eaux se précipitent impétueusement chargées encore de menus cailloux, de sable, et enfin de limon que les rivières apportent de tous côtés aux fleuves; bientôt ceux-ci débordent et jettent la désolation dans toute la plaine qu'ils parcourent.

Limiter l'action des torrents en régularisant le cours de ceux qu'on ne peut supprimer, et la diminuer par l'extinction de tous ceux d'entre eux dont l'existence est accidentelle et n'est pas liée au système orographique lui-même, tel est le premier résultat à atteindre, non pas pour supprimer le fléau des inondations, — il tient à des causes supérieures aux moyens d'action que le Créateur a permis à l'homme de s'approprier, — mais pour en atténuer les effets et restreindre dans une forte proportion les malheurs et les pertes de toute nature qui en sont la conséquence.

Ce premier résultat obtenu, il en est un autre non moins important qui doit le suivre. Il faut que les travaux par lesquels il aura été réalisé aient des effets durables, permanents, et ne soient pas dans le cas d'être incessamment re-

(1) *Revue des Questions Scientifiques*, juillet 1878.

commencés. Pour cela il n'y a qu'un moyen qui est de remettre le sol dans les conditions dont la disparition a permis aux torrents de naître et de produire leurs incalculables ravages, c'est-à-dire de le couvrir à nouveau de végétation soit arborescente, suivant les cas, soit frutescente ou simplement herbacée.

La reconstitution du sol résulte fréquemment de la régularisation même des torrents que l'on force à réédifier peu à peu ce qu'ils avaient détruit, et les reboisements et regazonnements suivent naturellement. Quelquefois ces trois termes : réduction des torrents, création d'un sol végétal et reboisement ou gazonnement, empiètent l'un sur l'autre ou s'exécutent simultanément. Mais en tout état de cause ils constituent l'essence même de l'œuvre qu'on a appelée le reboisement des montagnes.

Plus que jamais l'art forestier doit ici s'étendre au-delà de son domaine essentiel et proprement dit, et les agents l'administration des forêts qui sont chargés de ce service, doivent se munir d'une part importante de la science des ingénieurs. La loi de la formation, de la marche et du régime des torrents et des rivières, la composition géologique des montagnes, théâtre des travaux, l'art de créer et d'améliorer les pâturages — car les terrains gazonnés doivent ordinairement recevoir cette destination — et d'en régler l'emploi suivant une *possibilité* à déterminer pour que l'usage n'en soit pas abusif et destructeur, doivent s'ajouter, chez les agents du reboisement, aux connaissances sylvicoles communes à tous les forestiers. En même temps, ils ne doivent pas oublier qu'ils créent des forêts qui devront pouvoir s'exploiter facilement un jour pour devenir une source de richesses pour le pays ; de là la nécessité de disposer toutes choses en vue d'une bonne viabilité, cette âme de l'exploitation des bois.

Autre chose est de regarnir par quelques travaux relativement peu importants, de semis et de plantations, les vides et les clairières existant dans des forêts d'ailleurs en plein rapport, autrement dit d'effectuer de simples *repeuplements ;*

autre chose est de créer de toutes pièces des forêts sur un sol en quelque sorte artificiel et à peine formé soit par les dépôts des eaux ralenties des torrents, soit par le bris de la roche au moyen du pic et de la pioche. Aussi les semis et les plantations dans les *périmètres* de reboisement, lorsque de délicates opérations topographiques et de nivellement ont déterminé ceux-ci, exigent-ils une expérience toute spéciale et une étude très sérieuse du sol minéralogique, de l'altitude, du climat local, de l'exposition et des essences appropriées à ces conditions si multiples. Souvent le reboisement direct ne serait pas possible; il faut commencer par un simple gazonnement préparatoire ou par un embroussaillement à l'abri duquel on pourra, quelques années plus tard, semer ou planter, sur un sol déjà rafraîchi par un peu d'ombrage et enrichi de quelques détritus, des graines ou de jeunes brins qui deviendront des arbres.

Les Alpes, les Cévennes, diverses parties du Plateau Central et des Pyrénées sont, depuis 1860, soumises à cette œuvre de restauration qui exigera sans doute un siècle ou deux, pour être menée à complète et bonne fin.

VI.

Fixation des dunes.

Si la végétation sert à retenir les terres au penchant des montagnes, elle sait aussi opposer un obstacle à leur envahissement quand, sous forme de sables voyageant au gré des vents, elles tendent à envahir et à faire disparaître sous un implacable linceul des contrées entières.

De La Rochelle à l'embouchure de l'Adour, tout le littoral du golfe de Gascogne est exposé à ce fléau. La vague jette sur la plage des masses de sable humide. Le vent d'ouest les assèche et les pousse devant lui. Ils s'amoncellent en monticules. A la marée suivante nouvel apport de sable sur la rive, nouvelle propulsion par le vent de ce sable qui gravit

la pente du monticule, la dépasse et retombe sur l'autre versant pour être un peu plus tard dépassé à son tour par une nouvelle poussée. Telle est la dune voyageuse et envahissante. Elle avance toujours et ni bâtiments, ni remparts, ni tours ne sauraient l'arrêter : elle s'amoncelle contre l'obstacle qui semble un certain temps la contenir, mais si haut que soit le sommet elle finit par l'atteindre pour retomber au-delà et continuer sa marche.

Brémontier, d'illustre mémoire, a, le premier dans les temps modernes, c'est-à-dire vers la fin du siècle dernier, entrepris de se mesurer avec le fléau et de le dompter. Soit par une de ces inspirations qui sont propres au génie, soit par suite d'une connaissance approfondie de l'histoire de ce phénomène et du pays exposé à ses ravages, il comprit que la végétation arborescente était l'obstacle unique mais suffisant qu'on pouvait efficacement lui opposer (1). Mais le moyen de faire venir des arbres sur un sable sec et toujours mobile? Le pin maritime, est l'essence silicicole par excellence, l'arbre des sables ; c'était donc par lui, et les faits l'ont prouvé, que l'on pouvait boiser la dune. Au préalable il fallait fixer celle-ci provisoirement, par des moyens mécaniques au besoin, puis la protéger contre les nouveaux apports de sable, et tout cela jusqu'à ce que les graines confiées à ce sable mouvant eussent produit des plants bien enracinés et assez forts pour se défendre d'eux-mêmes contre les envahissements ultérieurs de la grève.

(1) D'après l'*Ora maritima* de Festus Avienus, citée par M. Alfred Maury, les pins, du temps des Gaulois, couvraient déjà les dunes de l'Aquitaine *(Les forêts de la Gaule et de l'ancienne France.* 1867. Ladrange édit.). Nos ancêtres gallo-romains ou celtes avaient-ils déjà imaginé de se garantir de l'envahissement des dunes par des plantations de pins, ou bien les dunes se seraient-elles boisées naturellement pendant un temps d'arrêt, une suspension momentanée de la marche du fléau ? La seconde de ces deux conjectures semble la plus probable. Il est vraisemblable aussi que Brémontier a eu connaissance du fait et qu'ainsi lui a été suggérée l'idée-mère de son œuvre immortelle.

Brémontier était ingénieur. La fixation des dunes commencée par lui, fut naturellement continuée par ses successeurs qui, gagnant peu à peu du terrain sur les ondulations de la plaine sablonneuse, créèrent un vaste rideau de *pignadas* (1) tout le long de la zone exposée à l'envahissement des sables. En 1862, un décret impérial en date du 29 avril, retira ce service à l'administration des ponts et chaussées pour le confier à celle des forêts, qui remettait en même temps aux ponts et chaussées la surveillance de la pêche dans les rivières non canalisées, dernier reste des attributions qui justifiaient son ancien titre d'administration des *eaux* et forêts (2).

Il fallut exploiter ces nouvelles forêts au point de vue du maintien constant d'une végétation suffisante à la tenue en respect de la dune, toujours prête à renaître et à reprendre son œuvre interrompue. Il fallut entretenir les travaux de préservation première ; il fallut continuer l'œuvre si heureusement exécutée.

Cette œuvre est comme une sorte d'antithèse de celle de la restauration des montagnes. Ici les agents du reboisement construisent des barrages, des digues, des clayonnages pour retenir et fixer au sol les terres, vases et sables qu'entraînent dans leurs cours les eaux des torrents. Là les agents des dunes construisent des palissades longitudinales et transversales ou établissent des fascinages pour arrêter momentanément les sables et semer ou planter par derrière, sous la protection de ces abris temporaires. — Dans le fond des ravinements montagneux le sol s'élève peu à peu par atterrissements successifs entre les barrages qui parfois finissent

(1) *Pignadas*, nom méridional des forêts ou massifs de pin maritime (Baudrillart, *Dictionnaire des eaux et forêts*. 1823-1825).

(2) La police des eaux, sauf la régie de la pêche, a été détachée du service forestier en 1740 pour être attribuée aux ponts et chaussées qui, en 1831, furent chargés de la partie de cette régie concernant les canaux et les rivières canalisées. Enfin en 1862 l'administration des forêts a cessé complétement d'avoir aucune action dans la police de la pêche.

par être noyés dans ce terrain d'exhaussement, lequel sert ensuite de support à de nouveaux obstacles contre la fuite des matières qu'entraînent les eaux ; à la longue un versant uniforme et légèrement ondulé a recouvert le flanc décharné et profondément raviné de la montagne. Sur la dune, le sable qui monte toujours a atteint le sommet de la palissade au-delà de laquelle il retombe en un versant rapide ; à l'aide d'une bascule à levier, armée d'une forte pince, les pieux sont arrachés un à un de l'amas de sable qui les a engloutis, et la palissade renaît d'elle-même au sommet de la crête qu'elle a contribué à former et qui va grandir encore.

Cependant à l'abri de cette crête de sable et de la barrière que l'on force à s'exhausser avec elle, la végétation a pu naître et se développer : végétation herbacée ou arbustive d'abord, d'alfa, de gourbet, de genêt, d'ajonc, pour donner une première stabilité à un sol si mouvant, puis de pins dont plus tard les hautes et fortes tiges seront le couronnement de l'œuvre ; et cette végétation gagne jusqu'au versant intérieur de la crête dont la palissade de pieux et de planches finira par être remplacée par les pins eux-mêmes que la dune, cet atterrissement de sable, ne dépassera pas. En montagne la végétation herbacée, arbustive, arborescente, fixe aussi des atterrissements, mais des atterrissements que l'on a volontairement et artificiellement créés et qu'il s'agit, non d'arrêter, mais de conserver.

Parfois certains jeux plus violents des forces de la nature confondent les calculs et les prévisions les mieux établis : tel massif de pins dans les dunes, lentement et laborieusement créé avec le concours d'une longue suite d'années, sera un jour envahi et en partie submergé par des nuées de sable, plus puissantes que les autres et poussées par des vents plus violents. Tel torrent, dans la montagne, éteint ou du moins atténué, régularisé par une brillante végétation qui couvre ses berges et ses rives, pourra voir, à la suite d'un ouragan d'une furie exceptionnelle, le fruit de bien des années de labeur détruit, les digues submergées, les barrages renver-

sés, les atterrissements emportés avec les plantes qui les revêtaient. Mais dans l'un et l'autre cas la modération relative du fléau sera encore un encouragement, en montrant, à côté du dégât produit, le désastre évité. Le service forestier se remettra patiemment à l'œuvre et restreindra de plus en plus l'empire des forces destructives de la nature, qu'il n'est pas et ne sera jamais donné à l'homme de supprimer entièrement.

VII.

Droit forestier et tableau général.

Ce ne serait pas donner un aperçu complet de l'art forestier en général que de passer sous silence une branche très importante de connaissances qui s'y rattachent. Nous voulons ici parler du droit tant civil qu'administratif et de la jurisprudence qui en découle. C'est là une science toute spéciale. Sans doute, branche exclusivement intellectuelle, elle ne saurait être représentée à une exposition ; elle n'en est pas entièrement absente cependant, comme en témoignent les importants écrits sur la matière qui figurent à la bibliothèque du châlet forestier du Trocadéro.

On ne sera pas surpris de l'importance de cette partie de l'art forestier, quand on saura que le service qui en dépend est de beaucoup le plus ancien de tous ceux qui existent en France. On en trouve les premiers germes dans les capitulaires de Charlemagne et de Louis le Débonnaire ; et si les documents font défaut pour en constater l'existence pendant les siècles de féodalité qui suivirent (1), cette existence est probable toutefois, à en juger par un acte de Louis le Gros, de 1115, concernant les « mesureurs et arpenteurs des terres

(1) Nous ne parlons pas ici des attributions des comtes forestiers de Flandre dont la souveraineté ne s'étendait que sur une faible partie de la France actuelle. — Consulter à ce sujet la savante *Étude sur les forestiers de Flandre* par MM. Bertin et Vallée, 1 vol. in-8°, Douai 1876.

et bois (1). » Du reste, à partir de Philippe-Auguste et de Louis VIII, des édits de Gisors (1219) et de Montargis (1223), jusqu'à Charles X qui a promulgué le code forestier et rendu l'ordonnance de 1827 pour son exécution, la sollicitude de nos rois pour la gestion et la conservation des forêts ne s'est jamais démentie. Le second empire et le régime actuel ont suivi cette antique tradition, et à ce dernier revient l'honneur d'avoir remis le service forestier à sa vraie place en le détachant du ministère des Finances pour le rendre à celui de l'Agriculture.

D'autre part les modifications multiples qu'à toutes les époques a subi le régime de la propriété en ce qui concerne les forêts, ont créé une foule de questions de droit tout à fait spéciales et que des jurisconsultes forestiers sont seuls en état de traiter avec une entière compétence.

Ces questions et l'état de jurisprudence qui en résulte ne laissent pas que d'avoir une certaine influence sur l'administration publique et les intérêts qui lui sont confiés. De là, dans le contentieux administratif en matière de forêts, un ordre d'idées et de faits non moins particuliers.

Un agent forestier capable et vraiment au fait de son métier ne doit pas être étranger non plus à cet ordre de connaissances, qui est comme le couronnement de l'ensemble, et doit figurer par conséquent dans le tableau au moyen duquel on pourrait tenter de le résumer, et par lequel nous terminons la première partie de cette étude.

TABLEAU D'ENSEMBLE DE L'ART FORESTIER

ET DES SCIENCES ET ARTS AUXQUELS IL SE RATTACHE.

AGRICULTURE.

Sols	Géologie, minéralogie.
Climats	Météorologie.
Altitudes	Météorologie.
Expositions	Météorologie.

(1) Baudrillart, *loc. cit.*, *Disc. prélim.*, p. 47.

Essences			Botanique forestière, entomologie, ornithologie.
Pâturage			Botanique pastorale.
Recherches agronomiques			Chimie agricole.

HORTICULTURE.

Pépinières			Agronomie.
Élevage des plantes			
Repeuplements			
Naturalisation des exotiques			

SYLVICULTURE PROPREMENT DITE.

Taillis		Simples	Physiologie et pathologie végétales.
		Composés	
		Taille, émondage, élagage	
Futaies	Normales	Nettoiements et éclaircies	
		Coupe d'ensemencement	
		Coupe secondaire	
		Coupe définitive	
	A tire et aire		
	Jardinées.		
Aménagement		Travaux topographiques ou géodésiques	Géométrie, trigonométrie, etc.
		Statistique	Économie commerciale et industrielle.
		Recherche de l'exploitabilité	Dendrométrie, physiologie, climatologie, minéralogie et agronomie forestières.
		Plan d'exploitation	
		Séries et affectations	
		Assiette des coupes	

EXPLOITATION.

Établissement et entretien des chemins et voies diverses d'exploitation et de vidange	Calculs de terrassement et transports des terres. Ponceaux, aqueducs, caniveaux, *schlittes*, chemins de fer mobiles, etc.	
Abattage des bois.		
Débit des bois	Scieries	Mécanique et architecture.
Écorçage		Physiologie végétale.
Carbonisation		Chimie organique.

Bois de feu, lattes, échalas, chevrons, charpente, sciages, merrains, traverses, étais, sabotage, etc. . . .	. . . . .	Économie industrielle et commerciale.
Démasclage ou extraction de liége, gemmage ou résinage. .	. . . . .	
Direction et surveillance.	Construction de maisons de gardes.	Architecture.

REBOISEMENT ET GAZONNEMENT DES MONTAGNES.

Fixation des périmètres.	Levés topographiques. . Nivellements.	Géométrie, trigonométrie, etc.
Étude du régime des torrents, de la composition géologique du sol.		
Clayonnages, barrages, digues transversales et longitudinales.		
Semis et plantations, gazonnements.	. . . . .	Botanique forestière et fourragère.
Fruitières (vacheries p^r la fabrication du fromage façon Gruyère).		

FIXATION DES DUNES.

Palissades mobiles longitudinales et transversales.	
Semis préparatoires de graminées et arbrisseaux.	
Semis de pins.	

DROIT FORESTIER.

Civil	Jurisprudence des cours et tribunaux.
Administratif. . . .	Contentieux administratif; jurisprudence des conseils de préf^re et du Conseil d'État.

DEUXIÈME PARTIE.

PRODUITS ET RÉSULTATS EXPOSÉS.

—

VIII.

Les neuf zones boisées de la France.

Ce n'est pas aux élégants châlets forestiers situés à la droite du visiteur qui, tournant le dos au pont d'Iéna, monterait vers le sommet du Trocadéro, que nous conduirons tout d'abord nos lecteurs.

En pénétrant au Champ de Mars par la porte Rapp, traversant dans sa largeur la galerie des machines, puis tournant à gauche, on se trouve en face d'une salle dont la porte est surmontée de cet écriteau : *Groupe V*, *Classe* 44, *Produits des exploitations et des industries forestières*. C'est là qu'il nous faut entrer. La disposition des lieux comme celle des objets est simple et sévère ; rien là qui attire particulièrement le regard de la foule : des échantillons de bois de toutes essences et de toutes provenances, découpés sur un ou deux modèles uniformes ; des spécimens des produits de ces essences variées, bois ouvrés, charbons, écorces, liéges, résines, etc. ; des modèles des outils employés à l'abattage des arbres et à la fabrication des divers produits ; — voilà à peu près tout ce qui remplit la salle. Mais il y a là de quoi étudier, et c'est ce que nous ferons en prenant pour guide l'excellent *Catalogue raisonné* des collections exposées par l'administration des forêts (1).

Une remarque préliminaire à ne point passer sous silence

(1) Un vol. gr. in-12. Paris, Imprimerie nationale.

est celle de l'importance croissante de la matière ligneuse dans les besoins de l'industrie française. La production annuelle brute des forêts de la France continentale, en bois de feu, bois d'œuvre, écorces, etc., atteint, au bas mot, une valeur de 300 millions. L'importation des bois communs fournis par l'étranger dépasse 200 millions (1) : d'après le *Catalogue raisonné*, elle s'est élevée, pour la seule année 1876, à 202,400,000 de francs. C'est donc un total de 500 millions, lequel, dit la *Revue des eaux et forêts*, ne représente que la valeur du bois brut. Il serait impossible de calculer la somme à laquelle on arriverait, si l'on voulait évaluer en argent ce que produisent les industries dans lesquelles le bois est la matière première. Il y a peu de branches de l'agriculture dont la production s'élève si haut(2).

Mais ce qui rend plus significatif encore le chiffre actuel des importations, c'est sa comparaison avec quelques-uns des chiffres antérieurs : il dépasse aujourd'hui 200 millions de francs, et n'était que de 132 millions en 1864, de 58 millions et demi en 1854. Il a donc presque quadruplé dans l'espace de 22 ans. Il est vrai qu'avec l'Alsace et la Lorraine nous avons perdu, en 1871, l'un des plus importants de nos centres de production forestière.

On voit par là dans quelle proportion considérable l'emploi du bois est inhérent à la civilisation même et quel puissant intérêt s'attache à cette étude. Quand M. Faré, alors directeur général des forêts (3), prit l'initiative de l'organisation au sein de l'Exposition universelle de 1878, d'une exposition des travaux et des résultats obtenus par le service à lui confié, il prouva qu'il comprenait la haute importance de sa mission. C'est sous son impulsion encourageante

(1) *Revue des eaux et forêts*, n° de Juillet 1878.

(2) *Ibid.*

(3) La direction générale des forêts a été supprimée par décret présidentiel du 28 décembre 1877; elle a été remplacée par une présidence du conseil d'administration confiée à M. le sous-secrétaire d'État au ministère de l'agriculture et du commerce.

et féconde que le personnel tout entier qu'il dirigeait a pris part à cette œuvre importante.

Sur 130 numéros du classement comprenant les objets exposés par l'administration des forêts, 24 seulement sont compris dans la salle du Champ de Mars, parmi lesquels comptent même plusieurs notices publiées à cette occasion; mais ces objets sont d'une importance majeure.

Le n° 1 ne renferme pas moins de 1317 échantillons de tous les bois indigènes ou exotiques naturalisés que l'on rencontre en France et en Algérie. Assurément chaque essence est représentée par plusieurs échantillons, puisqu'il s'agit de permettre la comparaison entre les bois des différentes provenances; néanmoins les 35 ou 40 essences que nous avons énumérées ci-dessus (III et IV), sont considérablement distancées (1). Leur connaissance nous guidera cependant, nous l'espérons, dans l'examen rapide que nous avons à faire de la plus grande partie de ces treize cents échantillons fournis par les collections de l'école forestière de Nancy. Organisées par l'éminent sous-directeur et professeur d'histoire naturelle de cette école, M. le conservateur des forêts Mathieu, ces collections correspondent à un triple but :

1° Détermination pratique des bois suivant les essences auxquelles ils appartiennent;

2° Étude sur les bois de chaque essence, des qualités qu'ils présentent et des caractères qui les font connaître;

3° Influence, sur ces qualités, des conditions de sol, de climat, d'altitude, etc.

C'est principalement par l'examen des sections transversales, c'est-à-dire des morceaux coupés perpendiculairement à l'axe des tiges, que l'on peut reconnaître les caractères anatomiques qui différentient les essences entre elles. Sans entrer ici dans l'exposé détaillé de la classification pratique imaginée par le savant professeur, ce qui nous entraînerait

(1) Il est vrai que, sauf pour les pins, nous n'avons jusqu'ici désigné que les genres, sans descendre au détail des espèces.

hors des limites de cette étude, nous dirons seulement que les deux grandes divisions en feuillus et en conifères, précédemment indiquées, se retrouvent ici dans les bois pourvus de vaisseaux et dont les rayons médullaires (1) sont d'épaisseurs variables (feuillus), et dans les bois dépourvus de vaisseaux et à rayons médullaires très minces, mais égaux (conifères).

Le surplus de cette classification pratique des bois ne correspond pas à la classification botanique des espèces; mais cela importe peu, le but n'étant pas le même dans les deux cas.

Les qualités afférentes aux bois de chaque essence, et leurs variations suivant les conditions locales, variations révélées par la comparaison des échantillons, ont amené M. le sous-directeur de l'école forestière de Nancy à une répartition beaucoup trop remarquable et intéressante pour n'être pas exposée ici.

Il classe les différentes zones de la végétation forestière de la France et de l'Algérie en dix régions dont voici l'énumération.

1re RÉGION OU RÉGION TEMPÉRÉE. Elle se compose de toute la partie de la France située — les chaînes du Jura, des Voges et les contreforts septentrionaux du Plateau Central exceptés — au nord d'une ligne qui courrait de l'est à l'ouest en joignant Lyon et Royan, et faisant abstraction toutefois du littoral océanique jusqu'à la Loire. Les forêts y sont en plaine ou bien sur des coteaux et collines dont la plus forte altitude ne dépasse pas 500 mètres. C'est de beaucoup la région la plus importante, car elle comprend plus

(1) On appelle *rayons médullaires*, en physiologie végétale, des lames de tissu cellulaire, de même nature que celui de la moelle, mais rayonnant du centre à la circonférence et durcissant avec le temps. On les trouve dans tous les bois mais variant, pour chaque essence, en épaisseur, en hauteur, et aussi en longueur, car celles des premières années seules partent de l'étui médullaire. C'est de ces « rayons » que proviennent, moyennant un débit approprié, les *maillures* du bois.

de la moitié de la France continentale. Les échantillons de bois tirés des forêts de cette région, sont au nombre de **210**.

2° Région méditerranéenne, limitée au sud, de Port-Vendres à Nice, par la Méditerranée, à l'est par les Alpes maritimes, à l'ouest par les Pyrénées, remontant vers le nord jusqu'à Valence et comprenant les grandes vallées latérales des Alpes et les premiers contreforts des Cévennes. La plupart des essences dites méridionales, sont comprises dans cette région représentée par **126** échantillons.

3° région océanique du sud-ouest. C'est la zone des landes et des dunes prolongée jusqu'à la Loire en partant de l'embouchure de l'Adour. Elle a fourni **140** échantillons.

4° Région des montagnes des vosges. Les Vosges sont la terre classique de l'art forestier et leurs forêts comptent parmi les plus belles de France, non pas peut-être par la variété des essences, mais par la beauté et la régularité des massifs boisés. Les échantillons qu'on en a tirés sont au nombre de **59**.

5° Région de la chaîne du Jura. Même richesse et même végétation forestière que dans les Vosges, avec tendance à un aspect un peu plus méridional. **76** échantillons.

6° Région des Alpes. Flore des plus variées par suite d'altitudes s'élevant jusqu'au delà de 2500 mètres par des latitudes dont la plupart sont méridionales. Échantillons : **116**.

7° Région du plateau central, composée des forêts du Puy-de-Dôme, du Mont-Dore, du Cantal, du Forez, de la Lozère et des Cévennes. Les essences y sont peu variées, et les échantillons ne sont qu'au nombre de **39**.

8° La Région des Pyrénées comprend toute la chaîne de ce nom, déduction faite des parties inférieures qui rentrent dans la région méditerranéenne ou océanique. Échantillons, **73**.

9° Le Massif montagneux de la Corse, remarquable par la variété de sa flore forestière ; tous les climats, par suite de la variété des altitudes, y étant représentés. **106** échantillons.

10° Enfin l'Algérie qui a pu donner **215** échantillons.

Ces dix régions ont fourni ensemble 1160 échantillons ; les 157 complétant le nombre de 1317, sont ceux des essences exotiques naturalisées.

IX.

Répartition des essences dans les neuf zones ou régions de la France proprement dite.

1° Dans la première région, qui fournirait le type principal de la forêt française, on ne trouve, à l'état naturel et spontané, que les essences feuillues. Si des massifs de quelque importance s'y rencontrent, formés de pins de diverses espèces ou de sapin (Orne), ils y ont été introduits de main d'homme, par voie de repeuplement. Les chênes à feuilles caduques (rouvre et pédonculé), y sont dans leur station normale et ne la dépassent guère, du moins sous leur forme commune. Le charme les accompagne ainsi que le hêtre ; mais celui-ci ne se borne pas à cette zone inférieure et s'élève bien haut dans les régions montagneuses. Le chêne, le charme et le hêtre, voilà donc la base des peuplements forestiers de tout le nord et le centre de la France : après les magnifiques futaies, le chêne de l'Allier, du Blésois et du Maine, on peut citer les superbes hêtres de 150 ans de la forêt domaniale de Lyons, dans l'Eure et la Seine-Inférieure. Le charme, qui supporte assez bien l'ombre et le couvert des autres arbres, est parfois traité en sous-étage dans les parties hautes des futaies de chêne, pour entretenir une fraîcheur et un abri suffisants à leur pied. Comme essences secondaires ou subordonnées à ces trois principales, nous citerons : le tilleul (2 variétés, à grandes et à petites feuilles), l'érable (3 variétés : champêtre, plane et sycomore), le merisier ou cerisier sauvage, l'alisier, le cormier, le frêne, l'orme, l'aune, le bouleau, trois ou quatre variétés de saule (saule à oreillettes, cendré, blanc, marceau ou marsaule), et, sans parler du tremble, son congénère l'ypreau ou peuplier blanc de Hollande, des terrains frais et

humides. Il faut ajouter à ces arbres, avec lesquels nous avons, plus haut, fait connaissance, le pommier et le poirier sauvages, qui donnent, le second surtout, à l'état de dessiccation parfaite, un bois d'ébénisterie fort estimé. Tous deux fournissent un chauffage comparable à celui du hêtre.

La végétation frutescente ou arbustive de la première région comprend la bourdaine, le fusain, le houx, le cornouiller, le coudrier, le genévrier déjà cités, et de plus l'épine-vinette au petit fruit rouge oblong et acidulé, les épines noire et blanche, le sureau à fruits noirs, la viorne mancienne ou flexible, et la viorne obier, type du gracieux arbrisseau connu dans les jardins sous le nom de boule-de-neige.

Les pins, introduits par voie de peuplement dans les diverses parties de la région, n'offrent pas, à en juger par leurs échantillons, des bois de bien bonne qualité ni de fortes dimensions : leurs accroissements annuels très larges au début, trop tôt rétrécis, en somme très inégaux, indiquent un défaut d'homogénéité qu'on ne remarque pas dans les contrées où ils sont indigènes.

Le hêtre et le charme ont partout des qualités à peu près égales, même grain, même fibre, même densité. C'est sur le chêne que l'on observe des différences vraiment remarquables : dans les beaux massifs de futaie mentionnés plus haut, les accroissements sont faibles mais très égaux et très longtemps soutenus : le bois a des qualités exceptionnelles pour la fente ; pour le travail et les merrains aucun ne lui est comparable. D'ailleurs moins estimé pour la charpente et les constructions navales, par suite d'un certain manque d'élasticité, il serait aussi plus cassant et moins résistant. Au contraire, élevé en pieds de futaie isolés sur les taillis des plaines fertiles du nord et du bassin de la Saône, il offre les signes d'une végétation rapide ; son bois est lourd, nerveux, résistant ; comme charpente et bois de marine il est sans égal. Léger et peu résistant dans les taillis des collines jurassiques, il donne du moins un chauffage et un charbon estimés au-dessus de tous les autres.

2° A part une sorte d'îlot de granite et de porphyre, situé entre Toulon et Cannes, au sein des formations calcaires des Alpes méridionales, et connu dans le Var sous le nom de « Région des Maures et de l'Esterel », presque toute la zone forestière dite méditerranéenne est composée de calcaire. Partout son climat est chaud et d'une sécheresse que n'atténuent pas assez les émanations vaporeuses de la mer. Les forêts, pour y être vastes et nombreuses, n'offrent plus la haute végétation et la vitalité luxuriante que l'on observe dans beaucoup de forêts de la première région.

Le chêne vert ou yeuse et le pin d'Alep y sont les essences forestières dominantes. C'est aussi la région de l'olivier, mais non comme arbre forestier ; l'olivier n'y est qu'à l'état d'arbre de verger et de culture proprement dite. Le chêne-liége est dans son habitat naturel sur les sols granitiques de la région ; mais il manifeste pour le calcaire la même répulsion que le pin maritime que l'on trouve dans les parties siliceuses, quoique moins vigoureux et de moindre produit que dans le sud-ouest. Le pin pinier ou *à pignons* (du nom particulier de ses cônes), appelé aussi pin d'Italie, appartient encore à la région méditerranéenne ; mais on ne l'y voit point en massifs : il ne croît que par pieds isolés. Le micocoulier de Provence, comme son nom l'indique, appartient à la même zone : son indigénat est toutefois contesté. Enfin le chêne rouvre, l'un de nos deux chênes du nord et du centre, se retrouve ici, mais sous une forme amoindrie, avec des feuilles très duveteuses, dites pubescentes ; on l'y désigne sous le nom de chêne blanc ; dans ses petites dimensions, — car il n'est pas à comparer pour la stature à ses congénères de la région tempérée, — il fournit un bois lourd, dur et nerveux, recherché pour les constructions navales.

Les morts-bois sont plus abondants dans le midi que partout ailleurs et offrent des espèces ailleurs inconnues. Le lentisque, le térébinthe (pistachier), l'azerolier, sorte d'aubépine, le myrte, le tin, le grenadier, le laurier rose, les philarias, le figuier, le genévrier cade, l'alaterne, espèce de

nerprun à feuilles persistantes, l'arbre à perruque ou sumac, l'arbousier, la bruyère en arbre et enfin le chêne kermès forment, sur de vastes espaces, des fourrés de broussailles inextricables. — Sous les grands arbres, notamment dans les Maures et l'Esterel (Var), ils constituent un sous-bois à demi desséché pendant la saison des grandes chaleurs et sont un danger permanent d'incendie pour les forêts dont ils couvrent immédiatement le sol.

Comme chauffage et charbons, le bois de la région méditerranéenne, et principalement le chêne yeuse, sont tous de première qualité.

3° Le pin maritime, nous avons déjà eu l'occasion de le dire, est l'essence typique de la 3e région (océanique du sud-ouest), où elle rend, dans les dunes et les landes, des services inappréciables, Le pin pinier s'y rencontre aussi, mais peu souvent; ce sont les chênes tauzin et occidental qui, après le pin maritime, impriment son caractère à la flore forestière de la région : on ne les trouve guère ailleurs. Le chêne occidental, appelé quelquefois *corsier*, a, comme le chêne-liége, avec lequel on l'a longtemps confondu, une écorce tubéreuse, que l'on exploite d'une manière analogue à celle du liége proprement dit. Le chêne tauzin, arbre irrégulier, contourné, souvent en broussailles, n'est estimé que pour son écorce, son charbon et son bois de feu qui sont des produits de premier ordre.

Nos chênes rouvre et pédonculé se retrouvent dans le sud-ouest. Les constructeurs maritimes apprécient fort les chênes de Bayonne, qui sont les pédonculés des bords de l'Adour, à la végétation brillante et aux belles dimensions.

Bien d'autres essences, arbres et morts-bois, de la région tempérée, quelques-unes de la région méditerranéenne comme l'yeuse, se retrouvent épars ou mêlés aux précédents. s'échetation lonnant suivant les latitudes.

4° Du sud-ouest aux Vosges la transition est brusque.

Aussi trouvons-nous, dans cette quatrième région, une végétation bien différente.

Sur les croupes et les hauts sommets, le sapin, le hêtre et l'épicéa dominent et donnent à la flore forestière son caractère essentiel. Ce n'est que sur les versants inférieurs, sur les contreforts, que l'on retrouve le charme et les chênes de la région tempérée. Le pin sylvestre et même le mélèze, voire le pin strobe, dont on s'est servi pour les repeuplements, n'y sont pas rares : le dernier n'y donne qu'un bois sans valeur aucune.

Les tilleuls, les érables, le merisier, l'alisier, le sorbier, le frêne, l'orme, le bouleau, l'aune, le marsaule et le tremble sont, dans les Vosges, des essences accessoires quoique fréquentes. La végétation arbustive y est peu variée : bourdaine, houx, fusain, épine noire, sureaux à fruits noirs et à fruits rouges, chèvrefeuille buissonnant, tel est, à peu de chose près, l'ensemble des morts-bois.

Le sapin des Vosges possède toute les qualités du type : rapidité de croissance, dimensions considérables, résistance horizontale et élasticité du bois également propre à la charpente et au sciage.

L'épicéa varie avec les altitudes. Dans les forêts des hauts sommets il est supérieur au sapin lui-même : on en tire du merrain et de la boissellerie des plus estimés. Un peu plus bas que son voisin, il est plus tendre et moins nerveux ; il est, d'autre part, plus blanc, plus léger, plus facile à fendre et à travailler. Mais dans les stations inférieures, où le sapin ne décroît pas, il n'a plus qu'un bois mou, spongieux, de mauvaise qualité.

5° Par le Lomont, dernière ramification septentrionale du Jura français, les massifs granitiques des Vosges touchent presque aux étages calcaires de la chaîne du Jura ; et, par les pays de Gex et de Nantua, les derniers anneaux de celle-ci se soudent aux Alpes savoisiennes.

La 5e région forme donc, orographiquement, la transition

entre la 4e et la 6e, celle des Vosges et celle des Alpes, et il en est de même au point de vue de la composition des peuplements forestiers. A vrai dire ce sont moins trois régions que trois subdivisions, septentrionale, centrale et méridionale, de notre zone montagneuse de l'est.

Comme dans les Vosges, le sapin, le hêtre et l'épicéa y sont les essences caractéristiques avec prédominance toutefois pour l'épicéa dans les altitudes les plus hautes ; sur les plateaux inférieurs, dont les conditions climatériques se rapprochent de celle du centre, les chênes rouvre et pédonculé se rencontrent avec le hêtre et le charme, et, à la limite de la plaine et de la montagne, on trouve une variété de chêne qui ne se voit guère que là, le chêne cerris ou *chevelu*, ainsi nommé à cause de l'espèce de toison soyeuse qui enveloppe son gland.

Les essences subordonnées et les morts-bois sont les mêmes que dans les Vosges en y ajoutant toutefois, parmi les arbustes et arbrisseaux, le cerisier mahaleb ou bois de sainte Lucie, le buis, les cytises, etc.

Les qualités du sapin et de l'épicéa varient quelque peu, en ce sens qu'elles se développent, avec la hauteur supramarine elle-même. Aux altitudes les plus élevées l'épicéa notamment, avec des accroissements minces, mais d'une régularité parfaite, atteint le maximum des qualités qui peuvent lui appartenir. Nulles forêts en France ne recèlent de plus beaux spécimens d'arbres de ces deux essences, que les sapinières du Jura où ne sont pas rares les sujets de 3 à 4 mètres de circonférence et de 35 à 40 mètres et plus d'élévation.

6° Continuation de la zone montagneuse de l'est de la France, la région forestière des Alpes, sixième de notre classification, est peuplée, dans sa partie septentrionale et à ses versants nord, d'épicéa, de hêtre et de sapin. Le pin sylvestre qui, dans les vallées abritées, donne les plus beaux sujets et le meilleur bois de l'essence, établit, avec la flore précédente, une première différence qui s'accentue à de plus hautes alti-

tudes avec le pin de montagne ou pin à crochets (1), et surtout avec le mélèze qui n'est que là dans sa vraie patrie et n'acquiert que là, et avec le concours des siècles, ces qualités remarquables qui font de lui le chêne des résineux; puis enfin avec le pin cembro qui, lui non plus, n'a pas d'autre patrie, et qui met six cents ans à acquérir un diamètre de quarante centimètres et à faire un bois très doux, d'un grain extrêmement homogène, dont font leurs délices les sculpteurs montagnards et les fabricants de jouets.

Dans les parties méridionales de la chaîne des Alpes on retrouve le chêne blanc à feuilles duvetées ou pubescentes de la région méditerranéenne ; il y acquiert peu d'élévation, des formes tortueuses, mais beaucoup de dureté, de nerf et de poids.

L'érable à feuilles d'obier, indigène aussi dans le Jura, d'un bois plus fin et plus lustré que celui de ses congénères, l'aune blanc, plus petit que l'aune commun, les peupliers tremble, blanc, et noir, deux ou trois saules forment les essences secondaires de la région. Parmi les plantes arbustives il faut citer, en plus des cytises, épine-vinette, épine noire, genévrier commun, etc., le genévrier nain et la sabine, autre genévrier, aux dernières limites de la végétation, le rhododendron et l'aune vert, et, sur les terres noires (sortes de marnes liasiques) des cônes de déjection des torrents dont il retient les terres par ses longues et traçantes racines, l'argoussier ou saule épineux *(Hippophae rhamnoides)*.

Tous les échantillons de bois de la région des Alpes dénotent un tissu très fin et très dur, par conséquent de qualité supérieure, surtout dans les latitudes méridionales.

7° Hêtre, sapin et pin sylvestre se partagent, comme es-

(1) Le pin de montagne se trouve aussi dans les parties tourbeuses des Vosges et du Jura, mais en faible quantité. à l'état buissonneux, diffus et sans valeur quant à son bois. Dans les Alpes il monte droit et serré, croît lentement et n'atteint pas de fortes dimensions, mais donne un bois à grain fin et régulier qui n'est pas sans mérite comme bois de travail et bois à sculpter.

sences dominantes, les forêts du Plateau Central, sans parler du châtaignier considéré comme essence exotique naturalisée et qui ne peut atteindre de grandes dimensions sans se gâter sous toutes les formes de détérioration intérieure.

Du hêtre et du sapin rien de spécial à dire en cette région. Le pin sylvestre y croît vite, mais inégalement et ne donne généralement qu'un bois de valeur médiocre, si ce n'est en quelques points exceptionnels où sa végétation et ses qualités rappellent celles des pins sylvestres des Alpes qui ont crû dans des conditions analogues.

8° Les mêmes essences, au-dessus des altitudes inférieures qui se rattachent aux régions méditerranéenne ou océanique, distinguent la flore forestière des Pyrénées en y ajoutant le pin de montagne et, dans une faible proportion, le pin dit des Pyrénées, variété espagnole du laricio.

Si le bois du hêtre ne se fait remarquer, dans la 8e région forestière, par rien de particulier, comme dans la précédente, il n'en est plus de même du sapin qui atteint, surtout dans les sapinières de l'Aude, des dimensions comparables à celles des sapins du Jura. Il y présente cette particularité que chaque couche d'accroissement annuel offre une zone poreuse et tendre correspondant à la végétation du printemps, et une zone très ligneuse et très dure correspondant à la végétation automnale; cela nuit sans doute à l'homogénéité du bois mais lui donne, en compensation, par cette variété même dans la consistance du tissu ligneux, une résistance à la rupture qui n'est égalée par nul autre bois.

Le pin sylvestre des Pyrénées est de qualité moyenne; le pin de montagne, qui constitue d'importantes forêts dans les hautes altitudes, ne donne pas des arbres de fortes dimensions, mais un bois régulier, assez homogène, résineux et par suite suffisamment résistant et durable.

9° La Corse, île méridionale et montagneuse, a cette particularité des montagnes à fortes altitudes, d'offrir tous les climats étagés sur une faible étendue relative. Aussi la flore

en est-elle très variée. A la base le pin maritime, le chêne yeuse, le chêne-liége, l'olivier sauvage, le micocoulier; puis l'érable-obier, deux variétés de frênes, l'orme, l'aune commun et un aune particulier au pays, appelé cordiforme; le peuplier blanc, le hêtre, le sapin et enfin le pin laricio qui est l'essence caractéristique du pays d'où lui vient le nom fréquemment employé de pin de Corse.

Les montagnes de l'île ne sont pas boisées seulement de forêts; sur les versants inférieurs il y a les *maquis* popularisés, il y a trente ou quarante ans, par une pittoresque nouvelle de Prosper Mérimée. Les broussailles qui les constituent, pour être de mesquines dimensions, n'en ont pas moins un bois d'une grande densité qui donne un charbon et un chauffage de qualité supérieure. Leurs essences sont à peu près les mêmes que celles de la région méditerranéenne auxquelles il faut ajouter le buis.

Le pin maritime n'est pas résiné en Corse; aussi croît-il avec vigueur et rapidité et parvient-il à de fortes dimensions. Son bois, malgré la grossièreté du grain de l'espèce, y est de bonne qualité. Le bois du sapin aussi : mais, assez rare et objet de préjugés locaux, il y est peu estimé. C'est au laricio que revient l'honneur de primer tous les autres bois : il est à la Corse ce que le mélèze des hautes régions est aux Alpes. Comme lui d'une longévité plus de quatre ou cinq fois séculaire, d'une croissance lente, égale et soutenue, mais de plus que lui trop résineux, trop dense, trop lignifié, il rivalise sans peine avec lui; et les échantillons de bois de laricio de Corse, exposés dans la salle de la classe 44, ne le cèdent point aux plus beaux échantillons de mélèze. Ce qui donne néamoins à celui-ci une supériorité incontestable sur celui-là, c'est la quantité considérable d'aubier qui entoure le cœur du laricio : elle atteint quelquefois près des deux tiers du nombre total des couches concentriques annuelles.

Le chêne-liége a grande valeur par son écorce; son bois donne, ainsi que celui de l'yeuse, un bon combustible. Le chêne-rouvre n'a qu'un bois léger et poreux; le hêtre et les autres feuillus sont tous de bonne qualité.

On peut résumer cette classification des zones forestières de la France par le tableau suivant :

TABLEAU DES RÉGIONS FORESTIÈRES DE LA FRANCE

REPRÉSENTÉES PAR LEURS ESSENCES TYPIQUES ET DOMINANTES.

PLAINES ET COLLINES (ALTITUDES : 0 A 500 M.).			MONTAGNES (ALTITUDES BOISÉES : 500 A 2000 M.).					CORSE (du littoral à l'altitude de 1700 m.).
Région tempérée : ou, du nord, centre et ouest.	Région méditerranéenne. —	Région sud-ouest-océanique. —	Région orographique de l'est.			Région du Plateau central.	Région des Pyrénées. —	
			Sous-région des Vosges.	Sous-région du Jura.	Sous-région des Alpes.			
Chênes feuillus. Charme. Hêtre.	Chêne yeuse — liège. Pins d'Alep et d'Italie.	Pin maritime Chêne tauzin Chêne corsier ou occidental	Sapin. Epicéa. Hêtre. —	Epicéa. Sapin. Hêtre. (chêne chevelu).	Mélèze. Cembro. Pin de montagne. (Sapin, hêtre épicéa).	Hêtre. Pinsylvestre Sapin. —	Hêtre. Sapin de l'Aude. Pin de montagne.	Pin laricio. Micocoulier. Oliv. sauvage. Yeuse. Liège. Pin maritime.

Nous passerons sous silence les 10e et 11e classes d'échantillons qui correspondent, la 10e aux essences des forêts de l'Algérie, la 11e aux essences exotiques naturalisées; non qu'elles manquent d'intérêt, mais parce qu'elles nous entraîneraient trop loin. La flore forestière de l'Algérie a, du reste, beaucoup d'analogie avec celles de la Méditerranée et de la Corse qui en sont comme le diminutif; et nous aurons occasion de faire mention des essences exotiques les plus importantes, dans la troisième partie de ce travail.

X.

Produits forestiers classés par essences, etc.

On a fait remarquer plus haut que parmi les numéros de classement des objets ou groupes d'objets exposés, il en est qui correspondent à des notices. Ces notices, qui consistent généralement en études approfondies sur les plus marquants des produits forestiers qui figurent à l'Exposition, seront analysées et appréciées dans la troisième partie de la présente étude. Par suite, les objets, groupes ou collections qu'elles décrivent ne seront, pour le moment, que rapidement mentionnés, leur examen complet devant trouver naturellement sa place dans l'examen même des documents qui les concernent.

Ainsi du n° 4 : « Produits divers du chêne, » nous nous bornerons, dans cette deuxième partie, à dire qu'il est composé d'une série d'échantillons et spécimens de bois de service et surtout de bois d'industrie d'une dizaine de départements, tous de la région tempérée et dont un seul, celui des Vosges, tient à la région montagneuse de l'est. Ce sont d'abord des modèles réduits des divers bois de marine et de sciages, les uns et les autres tirés de la forêt de Compiègne, au milieu des bois de mine du département du Nord, puis des bois de fente de toutes dimensions et de toutes formes : merrains, lattes, échalas, boissellerie et quelques pièces de charronnage.

Les « Produits divers du hêtre, » au n° 6, sont beaucoup plus nombreux, tant à cause de leur extrême variété que par suite de l'abondance de cette essence dans presque toutes les régions, et quoique 80 pour cent de la production totale soit réduit en chauffage (1). Aussi tandis que le chêne est représenté seulement par 43 spécimens provenant tous de localités de la région nord et centre, le hêtre n'en offre pas moins de cent, provenant de quinze départements dont trois appartiennent à la région du Jura, un à celle des Pyrénées et les autres à la région principale, dite tempérée. Ce sont des boîtes, des bois de brosses, des pièces de bourrellerie, des pelles, des cuillers rustiques, des battoirs, bois de chaises et de soufflets, avirons, charronnage, bois de tour de toutes formes, sabotage varié, etc., et jusqu'à des merrains.

Les « Produits divers du sapin, de l'épicéa et du mélèze » forment 26 articles, au n° 8. Des sciages de cinq débits différents suivant qu'ils proviennent des Vosges, du Jura, des Alpes (deux débits) ou des Pyrénées; puis, en bois des épicéas jurassiens, des douelles, seaux, *seilles* et *seilleaux*, puisoirs, baquets, barattes, boîtes rondes ou ovales, caisses d'horloges, etc., (département du Doubs : Montbéliard; du Jura : St-Laurent et St-Claude); enfin des bardeaux en sapin de Pontarlier (Doubs), des bondes de tonneaux en sapin des Vosges, composent la collection.

Un petit modèle de châlet construit, dans ses diverses parties, avec du bois de nos divers pins indigènes (laricio, sylvestre, cembro, maritime et de montagne, variété onciniée ou *à crochets*) offre à l'œil, d'une façon pittoresque, l'indication de l'emploi préférable de chacune de ces espèces (Panneau n° 10).

Le panneau n° 13 est affecté aux bois d'industries variées, provenant des essences diverses autres que les précédentes :

(1) Pour le chêne cette proportion est encore de 73 pour cent ; la production totale des bois de chêne fournis au régime forestier étant de 2,400,000 mètres cubes. Pour le hêtre, la production est de 1,300,000 mètres cubes.

sabots, tabatières, jougs, merrain à tonnes pour sulfate de soude, en *bouleau*; sabots, merrain à huile, cerclage, manches d'outils, roues, queues de billard, dents d'engrenage-navettes, bobines, bondes, feuilles de placage, en *charme*, sabots, manches d'outils, maillets, en *frêne*; fourches, attelles, manches de bêche, pelle, faux, etc., aiguillons à bœuf, en *micocoulier*; sabots, rateaux, pieds de table, tuyaux de conduite, rouets, dévidoirs, pièces de berceaux et chaises d'enfant, en *aune*; cordes d'écorce pour puits, baguettes pour soieries, en *tilleul*; paniers, en *coudrier*; cannes et manches, en *cornouiller*; rais de voiture, en *robinier* ou *faux-acacia*.

Des échantillons de charbons des différents chênes, du charme, des bois blancs, des résineux et des morts-bois des maquis de la Corse; et, non loin d'eux, les nombreux produits qui se perdent dans l'atmosphère par la carbonisation à l'air libre, mais que le système en essai de la carbonisation en vase clos permet de recueillir, tels que : acides pyroligneux, méthylènes, pyrolignites divers, acides acétiques, acétates de plomb et autres, etc., composent, avec les produits et les outils du gemmage ou résinage des pins, le n° 15.

Au n° 17, composé d'un porte-gradins en pyramide circulaire, on voit des échantillons de toutes les écorces à tan en usage à l'appui de notre notice sur cette industrie, et après, les outils servant au *démasclage* ou extraction du liége. Les variétés d'écorces fournies par le chêne yeuse ont donné lieu à une collection particulière et à une notice dues à M. Rousset, inspecteur des forêts à Brignolles : nous aurons à y revenir.

Un agent forestier de la Charente-Inférieure, M. Darnal, garde-général à Royan a eu l'idée d'employer au tannage les cônes du pin maritime, très abondants dans l'ouest et assez riches en tannin. Le n° 19 comprend des cuirs préparés avec du tan de cônes de pin; les essais faits jusqu'à présent, non encore concluants, sont néanmoins de bon augure; si leurs résultats se confirmaient, la quantité de tan que pour-

raient produire les pignadas de la seule langue de terre comprise entre la Gironde et la Seudre, ne seraient pas inférieure à cent tonnes ou mille quintaux.

Passons sur la pâte à papier faite avec les fibres du bois; laissons pour plus tard le très important travail de M. Thélu, inspecteur des forêts de l'administration centrale, sur les étais de mines; mais jetons un coup d'œil sur le panneau n° 24 composé d'une collection de traverses de chemins de fer les unes en chêne naturel, les autres en hêtre et en pin maritime injectés au sulfate de cuivre, les unes et les autres à divers degrés d'usage : on constate que le chêne naturel et le hêtre injecté, d'une durée à peu près égale dans des conditions semblables, peuvent tenir, sous rails, quelquefois pendant 18 ou 20 ans, d'autres fois pendant 11 à 12 ans seulement, le pin maritime, dont les couches superficielles reçoivent seules l'injection, 12 ou 15 ans, dans les conditions les plus favorables (1). Donnons un coup d'œil au joli joujou n° 21 représentant en miniature un train de flottage pour le transport par eau des bois de chauffage et de construction, branche d'industrie qui tend à disparaître, et arrêtons-nous quelques instants à la collection de petits quartiers de bois exposés par M. Martinet, sous-inspecteur des forêts.

Ces morceaux de bois ont été taillés sur des portions d'arbres élagués, depuis un certain nombre d'années, de quelques-unes de leurs branches, et découpés aux endroits même où les branches avaient été antérieurement amputées. Il est aisé de remarquer que les plaies, résultant de l'amputation, bien que plus ou moins exactement recouvertes, ont donné lieu à un commencement soit de carie intérieure, soit de décomposition des tissus circonvoisins. L'exposant en conclut dans une brochure, d'ailleurs estimable, où il traite de

(1) L'établissement du réseau des voies ferrées françaises a nécessité, pour les seules traverses, une mise en œuvre de 2000000 mètres cubes de bois. La fourniture d'entretien annuel, et non compris la création des lignes nouvelles, n'est pas inférieure à 150000 mètres cubes.

la taille et de l'élagage des arbres forestiers (1), « que l'élagage doit être rigoureusement proscrit pour les arbres de réserve, et qu'il ne devrait être admis, à titre exceptionnel, que pour les jeunes plants ou tout au plus pour les baliveaux (2). »

Notre conclusion serait beaucoup moins générale ; elle se résumerait en cette simple considération que les élagages dont les spécimens ont été exposés paraissent avoir été ou mal faits, ou du moins effectués dans des conditions insuffisantes, anormales, et que partant ils ne prouvent rien contre la pratique d'un élagage exécuté avec modération, circonspection et prudence, dans le cas, pour les arbres de réserve, de branches brisées ou viciées et pouvant amener la carie dans le cœur même de la tige.

M. le comte des Cars, membre de la Société centrale d'agriculture de France, qui n'a pas été il est vrai agent de l'administration des forêts, mais qui a pour lui l'expérience d'un grand nombre d'années d'observations et d'études pratiques dans son vaste domaine forestier de Rozet-St-Albin (Aisne), a exposé, lui aussi, dans l'une des salles annexes affectées aux produits agricoles, non loin du pont de l'Alma, des spécimens d'élagages d'arbres déjà forts. Il est regrettable que, par suite des nécessités de l'organisation et du classement, ceux-ci n'aient pu trouver place au voisinage de ceux de M. Martinet ; ils en sont l'exacte contre-partie, et les visiteurs, qui auraient eu sous les yeux les motifs du pour et du contre, entre les proscripteurs absolus de tout élagage et les partisans d'un exercice relatif de cette pratique délicate, eussent été à même de se faire à cet égard, et en suffisante connaissance de cause, une opinion impartiale et motivée.

(1) *Considérations et recherches sur l'élagage des essences forestières* par A. Martinet, garde-général des forêts.—1876.—Paris, librairie générale.

(2) *Catalogue raisonné*, p. 57.

XI.

Bois ouvrés classés par nature de produits.

Nous avons parcouru toute la partie de l'exposition forestière comprise dans la salle de la classe 44 au Champ de Mars. En plus des échantillons d'étude théorique dont il a été parlé plus haut, nous y avons trouvé les spécimens les plus variés des divers produits en bois de service, sciage, fente et industries diverses, ainsi qu'en charbons, écorces, etc., du chêne, du hêtre, de nos conifères indigènes et des diverses autres essences dont abondent nos forêts. Ce n'est pas sans quelque appréhension que nous allons aborder la partie de l'exposition sylvicole contenue dans les deux élégants châlets du Trocadéro, tant y est grande la richesse, si extrême y est la variété des sujets, des ordres d'idées, des travaux représentés.

Forcé de nous restreindre, — car l'examen complet de chaque objet donnerait lieu à une étude non moins développée que celle-ci qui devrait les embrasser tous, — nous laisserons de côté la description du parc de 5,000 mètres, orné de bouquets d'arbres verts appartenant à plus de deux cents espèces de conifères indigènes et surtout exotiques, et au milieu duquel sont situés les deux châlets de l'Administration forestière française. Nous ne dirons rien de l'élégante construction du châlet principal, tout en pièces très heureusement mariées entre elles, de chêne, de sapin et d'une essence résineuse de l'Amérique du Nord dont le bois s'importe beaucoup chez nous, le *Pinus Australis*, plus connu sous son nom anglais de *Pitch pine*. Nous ne parlerons pas non plus du mode d'édification du second châlet, bâti de rondins de chêne brut séparés par des lattes de bouleau et de châtaignier. Nous nous bornerons à mentionner succinctement les portions de l'exposition forestière du Trocadéro qui sont la continuation et le complément de celle de la

classe 44 au Champ de Mars. Dans celle-ci, nous avons examiné ce qui a trait à l'étude et au traitement des forêts, c'est-à-dire à la culture des bois proprement dite, ainsi qu'aux produits que l'on retire de leur culture et de leur exploitation. Ce sont là deux des trois grandes divisions du programme que, dès 1876, avait tracé M. le directeur général Faré et qui a été soigneusement suivi. Ces deux divisions se retrouvent sous d'autres formes au Trocadéro, avec la troisième qui a pour objet de faire apprécier les moyens employés et les résultats jusqu'à présent acquis dans les travaux de fixation des dunes du littoral de l'ouest, ainsi que dans l'œuvre grandiose de restauration du sol orographique connue sous la dénomination de « reboisement et gazonnement des montagnes. »

Tandis qu'au Champ de Mars les produits ouvrés de la salle 44 sont classés par essences, au Trocadéro, au contraire, ils sont rangés par nature de produits accompagnés des outils variés servant à la fabrication de chacun d'eux, et couvrent les panneaux, tant intérieurs qu'extérieurs, du châlet principal. Manches, cannes, baguettes et bâtons de toute sorte en micocoulier, hêtre, frêne, sycomore, merisier, aune, bouleau ; — merrain pour douves, douelles, fonds, chanteaux, de tonnes, pièces, seaux, doubles-futs, etc., en chêne de l'Aisne, de la Meuse, de Blois, de Beaugé ; en bouleau de la Haute-Saône, hêtre du Nord et de l'Oise, frêne de St-Gobain, tremble de la Côte-d'Or ; — des mêmes provenances et autres, bois de fente de toutes espèces, en chêne, hêtre et charme ; — en bois de sciage, des avirons, règles à tracer, bois de brosses de tous modèles (1), battoirs, feuillets pour boîtes, en hêtre de Bayonne, de l'Oise, du Doubs, de l'Aisne et de la Sarthe ; des manches de varlopes et de rabots, des dents d'engrenage, en cormier de Dijon et de Langres ; des bois pour manches d'instruments de musique en aune des Vosges ; claviers de piano en tilleul de Nancy ;

(1) Il n'y a pas moins de 1200 échantillons.

navettes et brosses en frêne de Belfort et alisier de Commercy; manches de coûteaux en divers bois durs (1); — toutes les variétés de bois de tour en hêtre, frêne, érable, sycomore, tremble, charme, tilleul, bouleau, buis, cornouiller, aune, merisier et peuplier de toutes les provenances de la région tempérée; — enfin sabots en hêtre, érable, frêne, pin, bouleau, noyer; — voilà l'énumération très abrégée, sans parler des outils dont la liste serait par trop longue, des produits ouvrés immédiats en bois provenant de nos forêts.

Il ne sera pas sans intérêt, avant de passer à un autre ordre d'idées, de mentionner encore deux produits d'une nature exceptionnelle : des bois de résonance pour tables d'harmonie, et des échantillons de bois d'eucalyptus globulus provenant d'arbres de cette essence australienne introduits en Algérie, en Provence et en Corse. — Les tables de résonance sont en bois d'épicéa; c'est un produit d'une délicatesse extrême que l'on ne peut réaliser que sur des épicéas très âgés, ayant crû très lentement et à de hautes altitudes; le bois doit être débité sur maille, dans la partie extérieure des gros arbres (2), et obtenu par la fente plutôt que par le sciage. Les spécimens exposés proviennent des massifs d'épicéa des forêts du Risoux et du Massacre (Jura). Les échantillons de bois d'eucalyptus montrent de la densité, une assez belle coloration et une fibre ondulée; on les dit très sujets à se gercer et à se tourmenter; ils accuseraient, somme toute, une qualité médiocre, mais la rapidité vraiment extraordinaire de leur croissance, les propriétés remarquablement assainissantes et fébrifuges de leur végétation, n'en font pas moins une conquête précieuse pour nos contrées méridionales.

(1) Frêne, érable, hêtre, poirier, prunier, cormier, cerisier, alisier.

(2) Dans la partie extérieure des gros arbres, la courbure des couches annuelles d'accroissement est plus faible; le bois y est d'ailleurs généralement exempt de nœuds.

XII.

Collections et documents divers.

Parmi les objets dont il nous reste à parler, et en dehors des documents qui seront appréciés dans la troisième partie de cette étude, il en est quelques-uns sur lesquels nous n'aurons pas à revenir et qui méritent au moins une mention.

Il y a d'abord une bibliothèque forestière composée de tous les ouvrages, bulletins, revues, volumes, brochures, etc., publiés par l'Administration des forêts, ou en leur nom personnel par ses agents, sur toutes les branches de l'art forestier ou ce qui peut s'y rattacher. Elle se compose de plus de 150 volumes de toutes dimensions et de tous formats; on comprend qu'il ne puisse être question de les analyser. — Une très belle carte forestière de la France, avec indication de toutes les circonscriptions administratives du service forestier, a surtout son intérêt pour les membres de l'administration publique. — Les six in-folios comprenant l'herbier forestier de la France, en plantes ou portions de plantes desséchées de M. Mathieu, sous-directeur de l'École de Nancy; l'herbier photographié d'essences exotiques naturalisées de M. de Gayffier; l'herbier des végétaux ligneux de la conservation de Mâcon (Ain et Saône-et-Loire), composé par les agents forestiers de cette conservation, — tirent leur incontestable intérêt de faits trop détaillés pour nous permettre de nous y arrêter. Autant faut-il en dire de la curieuse collection méthodique de champignons parasites des arbres due à M. d'Arbois de Jubainville, et dont la végétation, le plus souvent microscopique, sous forme de mycelium, produit ces espèces de maladies des bois connues des charpentiers sous les noms de pourritures jaune, rouge, blanche, noire ou sèche, tabac d'Espagne, œil de perdrix, grisette, etc. — Le gui, parasite d'une autre nature, est représenté par divers échantillons recueillis sur des sapins et pins sylvestres, et

même, chose extrêmement rare, sur du chêne (dans la Côte-d'Or).

Nous ne pouvons pas nous arrêter non plus sur les documents, objets et collections, d'un intérêt principalement local : ainsi des cartes et collections géologiques se rapportant à certains points, à certaines circonscriptions plus ou moins restreintes et dont l'intérêt ne saurait être immédiatement généralisé; ainsi des très remarquables spécimens de bois, provenant de forêts sous-marines, recueillis dans les marais de Dol (Ille-et-Vilaine); ainsi des cartes forestières et de triangulation de la conservation de Nancy; ainsi du relief de la forêt de Fontainebleau, par M. Paul Domet. Nous serons même obligés de passer un peu rapidement sur la partie entomologique, si importante cependant. La collection d'insectes nuisibles ou utiles aux forêts, accompagnés d'échantillons des bois sur lesquels les premiers ont exercé leurs ravages, ne comprend pas moins de 61 cadres; les innombrables genres des coléoptères forment la grande majorité. Les hyménoptères viennent ensuite, puis les lépidoptères (papillons), les diptères, les hémiptères, les orthoptères et enfin les névoptères. A côté de cette riche collection figurent quelques autres échantillons de bois ravagés; ce sont des morceaux de sapin et d'épicéa creusés en galeries ou perforés par les bostriches typographe et liseré (*coléoptères scolytides*), par le sirex géant (*hyménoptères térébrantes*) et par les jeunes larves de l'hylecœtus dermestoïdes (*coléoptères lymexilides*). Quand les circonstances favorisent d'une manière exceptionnelle la propagation de certaines espèces, particulièrement de celles des genres bostriche et hylésine (*coléoptères scolytides*), leurs ravages sont incalculables, et ce sont quelquefois des régions entières dont les forêts résineuses voient successivement tous leurs arbres dépérir et mourir. Ce seul fait révèle l'importance de l'étude et de la connaissance des mœurs de ces innombrables variétés d'insectes, pour arriver à combattre ou à prévenir l'action de ceux qui sont nuisibles, ainsi qu'à favoriser la propagation

d'autres qui, en pourchassant les premiers, se rendent indirectement mais efficacement utiles à la conservation des forêts (1).

Les collections et documents qui figurent aux deux châlets forestiers du Trocadéro se rattachent aux sujets les plus variés; parmi eux il en est qui tiennent à deux filons explorés depuis peu dans le champ si vaste de l'art forestier; nous voulons parler de la météorologie et de l'agronomie appliquées aux forêts et à la sylviculture. L'agronomie s'est portée jusqu'ici sur deux objets principaux : l'analyse chimique des sols couverts de massifs d'arbres à divers âges et des pépinières, et celle des cendres des différentes parties, des différents organes, simples ou composés, des arbres en général ou, comparativement, de telles et telles essences en particulier. Ces recherches sont dues principalement à MM. Grandeau, Fliche et Henry, professeurs à l'école forestière de Nancy.

Les observations météorologiques, dont les plus anciennes remontent à 1867, ont pour objet de comparer les températures sous bois et en plaine, ainsi que les quantités d'eau tombées, retenues ou évaporées sur les sols découverts et sur les différents sols boisés, afin d'arriver à déterminer les lois suivant lesquelles la végétation forestière agit sur les conditions de température, de sécheresse et d'humidité de l'atmosphère et du sol. Elles sont dues à M. le conservateur Mathieu, à M. l'inspecteur Gouet, directeur du domaine des Barres (Loiret), et à M. Fautrat, sous-inspecteur à Senlis (Oise).

(1) A ce point de vue l'étude de l'ornithologie ne serait pas moins utile au forestier, en raison du grand nombre d'oiseaux qui font des insectes leur pâture principale. Une petite lacune a lieu, sous ce rapport, à l'exposition forestière; cette branche de la zoologie n'y est représentée que par quelques spécimens de gypaëte, de vautour, de tétras, grande outarde, coq de bruyère, faisan, perdrix, bartavelle, caille, bécasse, etc., qui, avec quelques loup, sanglier, chevreuil, renard, chamois, figurent plutôt pour l'ornementation pittoresque et la couleur locale que dans un but scientifique.

Des recherches et observations faites en agronomie et en météorologie forestières on peut déjà tirer quelques conclusions importantes. On sait désormais, comme l'avait du reste enseigné Liebig, que les aliments des plantes sont tous inorganiques; mais on sait aussi que les combinaisons ou au moins le mélange de ces substances minérales avec des matières organiques, est absolument nécessaire pour les rendre assimilables par les végétaux; la portée des conséquences d'une telle loi se pressent d'elle-même. On a pu, par l'analyse des cendres d'un grand nombre d'essences, se renseigner sur les exigences en substances minérales de chacune d'elles, et reconnaître la cause du tempérament exclusif des unes, ou de la tendance de certaines autres à croître en mélange. Un fait très curieux, dans cet ordre d'idées, c'est l'identité d'exigence, sur la plupart des points, du pin maritime et du châtaignier, deux arbres qui n'ont cependant entre eux rien de commun si ce n'est d'être tous deux silicicoles. Une action régularisatrice des forêts sur l'état de la température et les conditions hygrométriques du sol et de l'atmosphère, paraît ressortir, d'une manière bien manifeste, des patientes et minutieuses observations dues aux météorologistes forestiers; fait sur l'importance duquel il n'est pas besoin d'insister.

L'agronomie et la météorologie forestières, il ne faut pas le perdre de vue, n'en sont encore qu'à leurs débuts, et par ces débuts on peut augurer quelles lumières elles sont destinées à apporter quelque jour sur toutes les branches de l'art sylvicole. Il n'est pas douteux que l'on ne finisse par déterminer d'une part le rôle précis des masses boisées dans les harmonies générales de la nature et dans la physique du globe, d'autre part les rapports exacts entre les conditions de sol et de climat de chaque lieu et celles de la végétation en ce lieu; la raison des différences caractéristiques des essences entre elles et de la même essence suivant les pays; enfin les causes qui modifient la constitution et la qualité des bois suivant l'altitude, la latitude et parfois le méridien.

Peut-être n'est-il pas interdit d'espérer qu'on sera un jour en état de créer artificiellement les conditions de végétation pouvant donner à tel bois telles qualités déterminées d'avance, ainsi que le font les éleveurs pour le bétail.

Il faudrait pouvoir donner ici une place importante aux modèles de maisons forestières pour le logement des gardes, au sein ou sur la lisière des forêts, et plus encore aux routes d'exploitation des bois en montagne, principalement aux chemins de *schlitte*, ces sortes de chemins de fer sans fer (sans rails) et sans ballast et à pentes rapides, des montagnes des Vosges; les traverses de la voie servent de points d'appui aux pieds du bûcheron *schlitteur* qui a mission de conduire, du haut en bas de la montagne, les traîneaux ou *schlittes*, chargés de bois, de fagots ou d'écorces; son effort principal consiste à retenir, en s'arcboutant contre l'avant du traîneau, la charge que la pente de la voie de bois tendrait à entraîner suivant la loi du mouvement uniformément accéléré. — Le relief de 150 hectares choisis parmi l'un des plus pittoresques cantons montagneux de la forêt de la Grande-Chartreuse, permet d'apprécier quels remarquables travaux de route les agents forestiers savent, quand il est nécessaire, concevoir et faire exécuter. Dans cette gorge abrupte et le long de ces versants rocheux, on voit serpenter, suivant une pente régulière, trois portions de route de 6 mètres de largeur entre fossés et d'un développement total de 1800 mètres. Deux d'entre elles appartiennent à la route de la Charmette, de construction relativement récente (1867 et 1868) et qui traverse en deux places la montagne par des tunnels taillés dans le roc vif; ce beau travail est dû à M. l'inspecteur Chavet. La section qui occupe la partie centrale du relief appartient à la route de Saint-Laurent-du-Pont à la Grande Chartreuse, qui joint deux montagnes escarpées par un pont (le pont de Saint-Bruno) de 42 mètres de hauteur au dessus du torrent. L'auteur de cette route remarquable, M. l'inspecteur Viaud, un véritable et éminent ingénieur forestier, a trouvé ensuite une voie plus élevée et plus noble encore,

la voie de la vie la plus parfaite : il est mort depuis, sous le froc du moine (1).

Un mode de transport du bois, plus curieux et plus ingénieux peut-être que tout ce qui avait été vu en ce genre, est représenté, et par un plan géométrique vertical, et par une vue pittoresque à l'aquarelle. Les produits d'une importante forêt syndicale des Basses-Pyrénées étaient arrêtés (25,000 mètres cubes) par un ravin de 80 mètres de largeur seulement à son sommet, mais de 165 mètres de profondeur, qui obligeait à un détour accidenté et plein de dangers, de 12 kilomètres. On a jeté sur ce ravin une sorte de pont aérien composé de quatre cables, solidement fixés aux deux bords, et le long desquels glisse, d'une rive à l'autre, sur un chariot à roulettes creuses, les pièces de bois amenées par un chemin de schlitte dont elles retrouvent la continuation au-delà du ravin. C'est M. Viard, alors inspecteur des forêts à Bayonne, qui a inspiré et dirigé cette ingénieuse disposition.

Il nous reste à parler des deux œuvres considérables de la fixation des dunes et de la restauration des montagnes, ainsi que du degré d'avancement de ces travaux gigantesques. Il faudrait entrer dans le détail des opérations variées et complexes auxquelles se livre le service forestier, des moyens qu'il emploie et des résultats auxquels il parvient. Les deux châlets du Trocadéro contiennent, à ce sujet, les documents les plus complets et les plus variés : reliefs géométriques, cartes, plans, vues photographiques et téléiconographiques.

(1) Sorti de l'École forestière de Nancy en 1840, M. l'inspecteur Viaud a quitté l'administration en 1858 ou 1859. C'était, au dire de tous ses camarades et de tous ceux qui l'ont connu dans le monde, une intelligence d'élite et un caractère des plus sympathiques. Sorti de nos rangs, il entra à l'abbaye des Bénédictins de Solesmes, d'où, après être resté assez longtemps sous la direction de Dom Guéranger, il fut appelé à diriger dans le midi une maison de son ordre. C'est là qu'il est mort, il y a peu d'années.

descriptions, notices, modèles de *fruitières* (1), etc. Mais l'examen de cette œuvre complexe, qui ne se révèle pas encore par des produits, ne fait qu'un avec celui des documents qui la font connaître. Il trouvera donc plus naturellement sa place dans la troisième partie de cette revue de l'exposition forestière, qui aura précisément pour objet l'étude et l'analyse des documents spéciaux qui ont été ou vont être publiés à son occasion.

CH. DE KIRWAN.

(La suite prochainement.)

(1) On appelle *fruitières*, dans les montagnes du Jura français et suisse, des associations de propriétaires de bétail (espèce bovine) pour la fabrication du fromage de Gruyères. L'administration des forêts a cherché à introduire cette industrie dans les Alpes et les Pyrénées, afin de substituer au pâturage désastreux des chèvres et des moutons, le pâturage relativement inoffensif des bêtes bovines.

L'AVEUGLEMENT SCIENTIFIQUE

CINQUIÈME ARTICLE (1).

VI. LOIS GÉNÉRALES DE L'UNIVERS. — LA RÉVERSION. — LA PROVIDENCE.

Pour la physique moderne, telle que nous l'avons définie dans le troisième chapitre, l'étude scientifique de l'univers purement matériel se réduit théoriquement à la solution d'un vaste problème de mécanique rationnelle. Cette proposition, que nous avons suffisamment développée plus haut, jette une vive lumière sur la question dont nous devons maintenant nous occuper. Elle nous avertit que, en nous adressant aux principes généraux de la dynamique, nous avons toute chance de trouver, malgré le peu d'étendue et le peu de profondeur de nos connaissances expérimentales, des lois véritablement générales de cet immense univers. Suivons cette indication, mais n'oublions pas que notre mécanique rationnelle est loin d'être parfaite, qu'il nous est sou-

(1) Voir janvier, avril et juillet 1877, et avril 1878.

vent presque impossible de l'appliquer aux phénomènes naturels, et qu'en tenant compte de notre ignorance et de la faiblesse de nos méthodes, il faut distribuer en plusieurs catégories les problèmes qu'elle nous présente.

Il en est d'abord que nous pouvons non seulement poser mais résoudre avec toute la perfection qui appartient à cette science. Tel est, par exemple, le problème du mouvement d'une planète attirée par un soleil, dans les cas où l'on peut négliger les perturbations que l'action des autres corps célestes tendrait à produire dans ce mouvement. Rien de plus facile que de le *poser*, avec toute la précision et la généralité de la dynamique, en écrivant deux équations différentielles du second ordre. On le *résout* ensuite sans peine, par un procédé général, en intégrant exactement ces équations et en déterminant les valeurs des constantes naturellement indiquées par cette intégration. Dans tous les cas de cette classe, les équations intégrales ainsi déterminées renferment, non seulement quelques lois, mais toutes les lois des phénomènes étudiés.

Il est d'autres problèmes que nous savons *poser* tout aussi parfaitement, mais que nous ne parvenons à *résoudre* que par des approximations. Tel est celui des mouvements de notre système solaire. Les équations différentielles peuvent s'écrire aisément et rigoureusement dès le début, parce que nous connaissons bien la loi des forces mécaniques qui interviennent dans le phénomène; nous trouvons ainsi trois fois autant d'équations qu'il y a de planètes dans le système. Mais nous ne savons intégrer ces équations que par des approximations, en profitant des connaissances exactes et générales fournies par les problèmes de la classe précédente, et de toutes les facilités particulières que présente accidentellement le système considéré. Nous trouvons ainsi un grand nombre des lois du phénomène; mais les restrictions et les simplifications de la solution peuvent nous en masquer quelques-unes, ou les entacher d'inexactitudes.

Il est une troisième classe de problèmes que nous ne

savons pas même *poser* par les seuls principes de la dynamique. Tels sont ceux de l'hydrostatique, de l'hydrodynamique, de la théorie de la chaleur, et en général tous ceux que l'on étudie dans la physique mathématique. L'ignorance où nous sommes des véritables forces élémentaires qui interviennent alors, et le nombre immense des mobiles atomiques qu'il faudrait considérer dans ces problèmes pour leur appliquer les procédés naturels de la dynamique, nous obligent à invoquer de nouvelles connaissances expérimentales pour simplifier les questions dès le début. Nous parvenons ainsi à poser des équations, théoriquement moins parfaites mais pratiquement plus utiles, et dans beaucoup de cas nous savons les intégrer et les appliquer ensuite aux phénomènes naturels. Seulement il est clair que ces intégrales ne peuvent fournir d'autres lois que celles dont le germe a été déposé dans les équations différentielles. Si donc elles enrichissent le trésor de nos connaissances générales sur les phénomènes qu'elles expliquent, elles doivent y laisser bien des lacunes; l'explication qu'elles nous donnent n'est encore qu'une étape dans la théorie scientifique; elle ne rattache pas définitivement les effets à leurs causes substantielles.

Le grand problème de mécanique rationnelle auquel la physique moderne réduit, comme nous le disions, l'étude scientifique de l'univers purement matériel, n'appartient à aucune des trois classes que nous venons d'énumérer. Chacune d'elles ne renferme et ne renfermera jamais que des études partielles de cet univers, dont une portion seulement est ouverte à nos explorations sans que nous puissions en deviner l'importance relative. C'est pourquoi nous avons appelé cette réduction du problème une réduction théorique. Mais, d'un autre côté, il suffit de lire attentivement notre troisième chapitre pour être parfaitement convaincu que cette réduction théorique est légitime, pour oser affirmer, avec une de ces grandes probabilités qui équivalent pratiquement à la certitude, que tous les phénomènes purement matériels ne sont, en dernière analyse, que des déplace-

ments d'atomes régis par les simples lois de la dynamique. Dès lors, bien qu'il nous soit absolument impossible, à nous, d'écrire les innombrables équations différentielles qui poseraient ce vaste problème, il faut bien admettre leur possibilité intrinsèque; et si nous pouvons établir que de leurs combinaisons il doit résulter telle ou telle proposition que nous pouvons saisir, cette proposition devra être acceptée comme une loi générale de l'univers. Une loi ainsi établie sera tout à fait comparable, pour la certitude et la précision, à celles que les procédés ordinaires de la dynamique nous fournissent dans les problèmes des deux premières classes. Nous en donnerons bientôt un exemple.

De plus, la connaissance mécanique imparfaite que nous avons des problèmes de la troisième classe peut elle-même, comme nous le verrons, nous mener à quelque proposition générale, à une loi qui s'applique à l'ensemble de l'univers.

Enfin la simple expérience, qui après tout se trouve à la racine de la mécanique rationnelle, peut à elle seule, si elle est convenablement interprétée et élargie par une induction légitime, nous fournir une pareille loi. Telle est, par exemple, la loi de la constance de la masse par laquelle nous ouvrons la série.

Première loi générale. Constance de la masse. — Nous avons démontré, sans réplique possible, au chapitre précédent, que l'univers est fini dans l'espace, c'est-à-dire qu'on peut le concevoir tout entier comme contenu dans une certaine surface fermée dont aucune dimension n'est infinie. Il y a actuellement, dans l'intérieur de cette surface, une certaine quantité de *masse;* et nous donnons à ce mot le sens très précis qui a été défini au chapitre III, dans le paragraphe intitulé : *Mesure des forces par leurs effets.* Cette quantité de masse nous est inconnue, mais nous pouvons en mesurer des portions. La balance ordinaire nous donne, avec beaucoup d'exactitude, la masse des corps pondérables que nous pouvons manier; la balance de Cavendish nous

donne une approximation de la masse du globe terrestre; l'observation des mouvements célestes nous permet d'étendre nos connaissances jusqu'aux masses d'un grand nombre d'astres. Sans aucun doute, les progrès continus des sciences naturelles fourniront à l'humanité les moyens d'augmenter, de siècle en siècle, le nombre et l'exactitude de ces déterminations; sans doute aussi, quels que soient les progrès dans cette voie, il en restera toujours à faire. Mais ce qui est absolument certain, c'est qu'il faut regarder la masse totale contenue dans l'univers comme égale au produit de la masse déjà mesurée, par un certain nombre, très grand mais fini, déterminé en lui-même mais inconnu de nous.

Cette masse totale est-elle constante ou change-t-elle avec le temps? Évidemment l'observation directe ne peut résoudre cette question; mais que dit l'expérience? De quelque côté qu'on la dirige, dans aucune portion accessible de cet univers, elle ne peut constater aucune augmentation, aucune diminution de masse. Et pourtant elle a exploré bien des phénomènes où l'on serait en droit de soupçonner des variations. Tels sont les phénomènes chimiques, et les phénomènes vitaux du règne végétal et du règne animal. En soumettant ces phénomènes à un contrôle rigoureux, elle n'a jamais vu qu'ils introduisent le moindre changement dans la masse totale; s'il y a augmentation de masse en tel endroit, il se produit toujours ailleurs une diminution égale. Le carbone, par exemple, semble disparaître en brûlant; mais toute la masse du carbone brûlé se retrouve dans le gaz produit par la combustion. Une plante n'augmente son poids qu'en empruntant au sol et à l'atmosphère des éléments qui représentent exactement toute la masse qu'elle gagne. De ce que tel animal pèse aujourd'hui cent kilogrammes, nul ne conclut que, depuis sa naissance, l'univers a gagné la masse correspondante; on sait par des expériences précises que cette masse a été prise tout entière dans des corps qui la possédaient avant cet animal, et que, s'il n'avait jamais vécu, elle ferait également partie de la masse totale.

Jamais l'expérience bien interprétée n'a donné un démenti à cette loi. Nous sommes ainsi conduits à penser que la constance de la masse est dans la nature des choses, et qu'il n'est au pouvoir d'aucun des agents créés, dont l'influence intervient dans le monde matériel, d'augmenter ou de diminuer la masse de l'univers. La quantité de masse peut donc être regardée comme une certaine mesure du nombre des agents matériels, causes substantielles de tous les phénomènes ; de façon que pour la changer il faudrait changer ce nombre même, il faudrait créer de nouveaux agents ou annihiler quelques-uns des anciens ; il faudrait, en un mot, une intervention immédiate de la cause première, du Créateur.

Dire qu'une pareille intervention est impossible, c'est un acte de foi qu'il faut laisser à certains adversaires de la religion révélée ; mais le nom même qu'elle porte, le nom de miracle, prouve qu'elle n'est pas dans l'ordre naturel des choses, qu'elle est extraordinaire, qu'elle est une dérogation à ce que l'on appelle les lois du monde physique ; or c'est exclusivement de ces lois que nous nous occupons ici.

Bien que l'idée de masse appartienne essentiellement à la mécanique, bien qu'on ne puisse la former nettement qu'au moyen des principes de cette science, on voit que cette première loi générale ne dérive pas des équations de la dynamique ; elle n'est qu'une induction légitime appliquée à l'expérience quotidienne. Il en est tout autrement de la suivante.

Seconde loi générale. Constance de l'énergie. — Pour bien comprendre cette seconde loi, il est indispensable que l'on sache très exactement le sens que les mathématiciens attachent au mot *énergie*, et pour y arriver il faut concevoir tout aussi clairement ce qu'ils appellent *force vive* et *travail d'une force*. Rappelons au lecteur peu familiarisé avec les mathématiques que ces mots ont été soigneusement définis et expliqués plus haut, vers le milieu du troisième chapitre. Il y trouvera, sans démonstrations et en langage suffisam-

ment intelligible, non-seulement l'énoncé déjà ancien du *théorème des forces vives*, mais encore certaines transformations modernes de ce théorème, extrêmement utiles dans les applications. Ainsi la base de notre seconde loi générale se trouve dans la transformation suivante.

Quand dans un système quelconque, comme par exemple dans le système solaire tel qu'on le considère en mécanique céleste, il n'y a que des forces intérieures, réciproques, proportionnelles aux masses, et variant uniquement avec les distances des corps entre lesquels elles s'exercent, la somme de tous les travaux des forces pendant un temps donné, dépend seulement de la position des corps au commencement et à la fin de cet intervalle de temps. Cette somme de travaux représente exactement la différence entre le travail maximum que les forces du système pourraient exécuter à partir de la seconde position des corps et le travail maximum qu'elles pourraient exécuter à partir de la première. Ce travail maximum est une quantité positive qui varie de position en position; mais le théorème des forces vives nous apprend que la somme des forces vives varie tout juste d'autant en sens contraire; de sorte que *travail maximum* et *somme des forces vives* sont deux variables qui ensemble forment une constante. On a appelé le premier l'*énergie potentielle*, la seconde l'*énergie actuelle*, et leur somme l'*énergie totale*. L'énoncé du théorème devient donc : *Dans un pareil système, l'énergie totale est constante.*

Remarquons que cet énoncé se démontre avec toute la rigueur des mathématiques, quels que soient le nombre et la distribution des points matériels qui composent le système. Il s'ensuit que l'ignorance où nous sommes de l'étendue et de la figure de l'univers entier n'est pas un obstacle à ce que nous en fassions une loi générale. Il suffit que nous puissions légitimement affirmer que, dans les phénomènes purement matériels de cet univers, toutes les forces mécaniques sont intérieures, qu'elles sont réciproques, qu'elles sont proportionnelles aux masses et qu'elles varient uniquement avec

les distances des corps entre lesquels elles s'exercent. Examinons d'abord les trois dernières de ces quatre conditions.

Au chapitre III, l'analyse des phénomènes nous a conduit à admettre l'existence de causes de mouvement que nous avons appelées *forces*. Nous avons alors défini ce que nous entendions par le *point d'application*, la *direction* et l'*intensité* d'une force. Bientôt en parlant des phénomènes de réaction, nous avons dû introduire une idée nouvelle, le *siége* de la force. Or il se trouve que, pour analyser de la façon la plus simple, il faut, dans la plupart des cas, admettre une distance réelle, généralement variable, entre le siége et le point d'application. C'est de cette distance que parle notre loi; elle peut, nous l'avons déjà remarqué, s'accorder, tout aussi aisément que la loi expérimentale de Newton qui en est un cas particulier, avec les assertions philosophiques les plus opposées sur l'action à distance.

L'égalité de l'action à la réaction, établie expérimentalement à propos de l'inertie, toujours vérifiée et jamais contredite par les phénomènes les plus divers, peut être légitimement généralisée par l'induction. Nous pouvons donc d'abord affirmer, sans crainte d'erreur, que toutes les forces de l'univers matériel sont des forces réciproques.

On comprend aisément cette condition; mais que signifie celle qui est relative aux masses? D'après la manière même dont nous employons les forces en mécanique, une force réciproque entre deux corps quelconques ne peut être qu'une attraction ou une répulsion; car son siége et son point d'application sont toujours placés sur la droite qu'on appelle sa direction. Cela posé, supposons qu'à côté du premier point matériel attirant ou repoussant, on en place un second ayant une masse égale; d'après la loi, il faut que l'intensité de l'attraction ou de la répulsion se trouve doublée. C'est bien la loi la plus naturelle; car si la masse additionnelle est exactement égale à la première, la cause, quelle qu'elle soit, de l'action qui s'exerce entre celle-ci et le point matériel attiré ou repoussé, doit produire dans les mêmes circon-

stances la même action entre ce dernier point et la masse additionnelle; par conséquent, quand ces trois corps seront en présence comme nous le supposons, l'action sera doublée; et plus généralement, si l'on conçoit qu'on fasse varier les masses des deux corps en les conservant à la même distance l'un de l'autre, l'attraction ou la répulsion devra toujours être, d'après la loi, proportionnelle à chacune des deux masses, et par conséquent à leur produit. Mais toute naturelle que nous paraisse cette partie de la loi, il reste toujours à voir expérimentalement si la nature l'approuve. Or, on sait que, dans toutes les attractions sur lesquelles la gravitation universelle nous permet d'expérimenter, cette loi se vérifie; ainsi en particulier, tous les corps pesants, quelles que soient leur nature et leur masse, tombent dans le vide avec la même vitesse, et par conséquent l'attraction à laquelle ils sont soumis, comme celle qu'ils exercent sur la terre, est proportionnelle à leur masse. Mais n'y a-t-il pas d'autres faits qui semblent contredire au moins la généralité de la loi? Supposons que pour faire l'expérience bien connue de Cavendish, on substitue aux grosses sphères de plomb deux grosses masses de fer; aussi longtemps qu'on fera le pendule horizontal avec des substances non magnétiques, la loi sera vérifiée; mais elle cesserait de l'être, du moins en apparence, si le pendule était aimanté. Simple apparence cependant; car l'aimantation du pendule fait entrer en jeu cette matière impondérable dont nous avons parlé plus haut; et l'on sait que, dans toutes les attractions et répulsions dues à cette matière, la loi des masses se vérifie également et n'est jamais contredite. Nous sommes donc légitimement amenés à regarder cette condition comme une loi naturelle qui s'observe universellement.

Quant à la dernière partie de la loi, qui fait de l'intensité des forces une fonction des seules distances, elle est très facile à comprendre. Elle admet que, malgré la constance de deux masses, leur action mutuelle peut varier, mais qu'elle est toujours entièrement déterminée par leur distance.

Elle serait donc d'abord indépendante du temps ; c'est-à-dire qu'à toutes les époques la même distance ramènerait toujours la même intensité ; or pour qui connaît la constance avec laquelle les phénomènes physiques se reproduisent toujours les mêmes dans les mêmes circonstances, il est évident que tel est le cas général et sans exception. Elle serait ensuite indépendante de l'orientation de la droite qui joint les deux masses ; or pour peu qu'on ait étudié les phénomènes généraux de l'univers, on devine aisément que cette loi doit être confirmée par l'expérience ; car nulle part on ne trouve d'orientations réellement privilégiées, qui se distinguent naturellement des autres. Descendons pourtant aux faits positifs, et prenons pour exemple l'attraction newtonienne. Si le corps attirant n'est pas une sphère, son attraction ne paraît indépendante de l'orientation que dans les cas où le corps attiré est très éloigné ; elle est alors toute déterminée par la distance des deux centres de gravité ; mais quand les deux corps se rapprochent, l'orientation de la ligne droite qui joint ces deux centres acquiert une influence parfois considérable. On ne peut pas dire cependant que ce résultat contredise notre loi ; car en réalité il a été trouvé par un calcul qui la suppose. La force unique réciproque dont nous mettions le siége et le point d'application aux deux centres de gravité, n'est en réalité que la résultante d'autres forces, des forces élémentaires qui *résident* dans toutes les particules de chaque corps, et s'*appliquent* à toutes les particules de l'autre ; et c'est précisément parce que la loi se vérifie pour chacune de ces forces élémentaires, que l'influence de l'orientation se manifeste sur la force unique précédemment considérée. Ainsi en est-il de tous les cas qui, dans l'expérience, semblent contredire la loi ; qu'il s'agisse de gravitation, d'électricité, de magnétisme, la décomposition en forces élémentaires fait toujours disparaître l'anomalie. Nous voici donc encore devant le témoignage de faits très nombreux et très variés, témoignage concordant qu'aucun autre fait n'a jamais contredit.

Mais nous avons réservé la première de nos quatre conditions. Est-il vrai que, dans les phénomènes de l'univers, il n'y ait que des forces *intérieures;* c'est-à-dire, puisque les mobiles sont exclusivement ces points dont les substances purement matérielles font les centres de leurs actions et que nous avons nommés atomes pondérables ou impondérables, est-il vrai que les seules forces mécaniques qui interviennent soient ces actions centrales réciproques, que les seules forces *appliquées* aux atomes soient celles qui *résident* dans les autres atomes? Nous traiterons plus tard cette importante question, et nous montrerons que dans les phénomènes matériels *volontaires* auxquels concourent l'homme et les animaux, il y a en réalité de nouvelles forces mécaniques qui sont appliquées aux atomes, mais dont les atomes ne sont pas le siége. Ces forces sont donc ici de véritables forces extérieures; mais leur intensité propre est si faible qu'on n'a pu encore les mesurer. Les variations d'énergie qu'elles peuvent produire sont donc, relativement à l'énorme quantité d'énergie qui se manifeste dans l'univers, tout à fait insignifiantes; et de plus il n'est pas improbable que ces faibles variations sont tantôt positives et tantôt négatives, et qu'elles arrivent à peu près à se compenser. Il est donc permis de les négliger ici et, avec cette réserve, nous pouvons appliquer l'énoncé trouvé plus haut et dire :

L'énergie totale de l'univers est constante.

Considérons un moment le sens physique et la portée de cette loi si simple et si grande.

L'univers, à un instant quelconque, possède une quantité déterminée d'énergie potentielle et une quantité déterminée de force vive ou d'énergie actuelle. Son énergie potentielle est, comme nous l'avons dit, un nombre positif qui représente en kilogrammètres le travail maximum dont sont capables, à partir de cet instant, les forces attractives ou répulsives qui s'exercent entre tous les atomes; c'est-à-dire, le travail que les forces exécuteraient réellement si le système passait, de la position correspondante, à une certaine position

d'équilibre stable où toutes ces forces se neutraliseraient mutuellement. Dans quelques problèmes, généralement fort simples, ce travail s'exécute réellement; mais il n'en est pas ordinairement ainsi, et probablement, dans notre univers actuel, ce cas ne doit pas se présenter. Cependant si l'on conçoit qu'il vienne à s'exécuter par l'intervention d'une cause quelconque, il amènerait l'ensemble des atomes de l'univers à posséder tout juste le maximum de force vive dont ils sont susceptibles, vu leur nombre, leurs masses, leurs positions et les forces qui les régissent. Toute l'énergie potentielle aurait disparu, tout serait converti en énergie actuelle. L'énergie potentielle représente donc à chaque instant le maximum de force vive que l'univers peut acquérir à partir de cet instant. Quant à l'énergie actuelle, elle représente au même instant, tout le travail négatif que, vu les vitesses dont ils sont animés, les corps de l'univers feraient exécuter aux forces, s'ils passaient de leur position présente à une autre position où, par la résistance de ces forces, toutes les vitesses seraient anéanties. Il est peu de problèmes où la force vive arrive à disparaître complétement, comme il en est peu où l'énergie potentielle s'épuise entièrement; mais dans tous les problèmes de dynamique, et dans le grand problème de l'univers en particulier, ces deux quantités, force vive et énergie potentielle, varient sans cesse, l'une gagnant exactement tout ce que l'autre perd, et devenant par cela même capable de restituer ensuite à celle-ci tout ce qu'elle a perdu. La somme de l'une et de l'autre, l'énergie totale, reste toujours constante par l'effet même de cet échange mutuel et ininterrompu. Tel est le sens physique de la seconde loi générale. Quelques remarques permettront d'en apprécier la portée.

Supposons qu'en étudiant un phénomène, nous arrivions à constater dans les corps que nous observons une augmentation ou une diminution d'énergie. Il est fort probable qu'un pareil résultat n'eût attiré l'attention d'aucun savant, il y a quelque trente ans. Aujourd'hui, au contraire, ce seul fait

nous ouvrirait une recherche; de même que le chimiste, qui verrait dans une réaction la masse diminuer, se mettrait aussitôt à la recherche de la masse disparue, bien persuadé qu'elle doit se retrouver quelque part; de même le savant, dans l'hypothèse où nous nous plaçons, conclura immédiatement qu'une partie du phénomène étudié lui échappe, et il ne croira s'en être fait une juste idée, que lorsqu'il pourra dire où est allée l'énergie disparue, ou de quelle source provient celle qu'il trouve en excès.

Supposons que, pour édifier une explication scientifique quelconque, il faille hasarder une hypothèse. Jadis on n'eût pas reculé devant des hypothèses qui, bien examinées, auraient supposé des variations dans l'énergie universelle; devant des créations ou des anéantissements d'énergie. On sait aujourd'hui que toute hypothèse semblable doit être rejetée sans examen; et souvent cette connaissance déblaie fort utilement le champ des conjectures scientifiques.

Supposons que, dans les applications pratiques des sciences, dans l'invention d'appareils ou de machines industrielles, on arrive à imaginer une combinaison qui, si elle réussissait, entraînerait une véritable création d'énergie; ce cas s'est bien souvent présenté même à des inventeurs sérieux, sans compter les malheureux qui consument leur vie à la recherche du mouvement perpétuel. Aujourd'hui cette seule remarque suffirait pour nous assurer d'avance que la combinaison imaginée est fautive et qu'elle ne peut réussir.

On voit par ces exemples que la grande loi de la constance de l'énergie dans l'univers, n'est pas seulement une connaissance théorique, belle par sa grande simplicité et sa généralité; c'est encore une conquête pratiquement fort utile au développement des sciences et un contrôle précieux pour préserver d'erreur l'esprit d'invention et de découverte.

Cette loi n'est pas la seule que, à l'aide des principes de la dynamique, on puisse conclure de cette proposition que tous les phénomènes de l'univers matériel ne forment ensemble qu'un vaste phénomène de mouvement mécanique.

Les traités classiques nous offrent d'autres théorèmes généraux, qui s'appliquent également à l'univers entier. Seulement, il arrive que par le fait même de cette application, ils perdent à peu près toute l'importance qu'ils présentent dans les problèmes particuliers; ainsi par exemple, quel intérêt peut avoir pour nous la connaissance que le mouvement absolu du centre de gravité de l'univers est nécessairement un mouvement rectiligne et uniforme? ou même que la somme des moments des quantités de mouvement estimées par rapport à une direction fixe est constante? La découverte du *plan invariable*, si importante pour le système solaire parce que nous en connaissons les masses et la configuration, n'a plus d'importance pratique quand on l'applique au système de l'univers entier qui nous est si peu connu. La seule de ces lois que nous devions citer, est celle qu'on appelle la *conservation de la quantité totale de mouvement*, et nous ne la mentionnons que pour relever une erreur assez souvent commise par les vulgarisateurs. On a vu au chapitre III que la *quantité de mouvement* d'un corps est le produit de sa masse par sa vitesse; c'est quelque chose d'assez différent de la force vive qui est la moitié du produit de la masse par le *carré* de la vitesse. Les forces vives ne pouvant être négatives, on ne risque pas d'être équivoque quand on parle d'une *somme* de forces vives. Au contraire, les quantités de mouvement renferment un facteur, la vitesse, que l'on peut bien considérer parfois en valeur absolue, mais auquel il faut d'autres fois attribuer le signe positif ou le signe négatif; et de plus, quand il s'agit d'un problème à trois dimensions comme dans le cas de l'univers, les vitesses, si elles n'entrent pas simplement par leurs valeurs absolues, apportent avec elles non-seulement les signes algébriques, mais les directions diverses des axes auxquels on les rapporte. Il faut en dire autant des quantités de mouvement. Il y a donc deux manières très distinctes de réunir plusieurs quantités de mouvement en une seule; la première consiste à additionner ensemble les valeurs absolues de toutes les

quantités partielles; la seconde, qui donne un résultat tout différent, consiste à les regarder, avec leurs signes et leurs directions, comme des *composantes*, et à remplacer le système par une *résultante*. Plus d'un auteur a oublié cette distinction, et, trompé par les mots, a cru que la loi de la *conservation de la quantité totale de mouvement* était établie dans le premier sens; tandis qu'elle ne l'est que dans le second. Ce que la mécanique démontre, c'est que dans l'univers, si l'on suppose toutes les quantités de mouvement transportées parallèlement à elles-mêmes en un même point, leur *résultante* reste constante en grandeur et en direction. Cette proposition, dans sa généralité, n'a guère plus d'importance physique que la loi relative au mouvement du centre de gravité de l'univers. Au contraire, s'il était établi que, dans le premier sens, la *somme* de toutes les quantités de mouvement reste constante, ce serait une loi générale tout aussi importante que la loi de la conservation de l'énergie; mais, répétons-le, malgré les assertions contraires de bien des vulgarisateurs, cela n'est pas établi; il est même très probable que cela n'est pas vrai.

Troisième loi générale. Marche de l'énergie dans un sens déterminé. — En présence des deux premières lois, de cette constance de la masse et de cette constance de l'énergie, on serait bien tenté d'adopter les vues que les progrès de la mécanique céleste commencèrent à populariser dans le dernier siècle, et de regarder l'univers tout entier comme destiné à marcher toujours à peu près de la même manière. On pourrait y admettre des variations, mais avec d'autres variations compensatrices. Car, si l'énergie se déplace, elle reste invariable dans l'ensemble; si elle se transforme, si, par exemple, de visible elle devient vibratoire, la transformation inverse se produit aussi; on le voit chaque jour dans nos machines à feu, où l'énergie vibratoire calorifique disparaît pour se manifester dans des mouvements visibles; et peut-être ces deux transformations inverses arrivent-elles à se

compenser. Déjà nous savons d'une manière certaine que, malgré les grandes variations que subissent, chacune de son côté, l'énergie potentielle et l'énergie actuelle de l'univers, l'énergie totale reste constante parce que toujours l'une gagne ce que l'autre perd.

Et cependant tous les changements qui se font dans le monde ne sont pas destinés à se compenser; nous pouvons affirmer, et c'est notre troisième loi cosmologique, que l'énergie de l'univers est, pour ainsi dire, placée sur une pente naturelle qui facilite certains changements dans un sens déterminé. *La quantité d'énergie vibratoire augmente sans cesse aux dépens de l'énergie visible, et cette énergie vibratoire tend à se distribuer uniformément entre tous les corps de l'univers.*

C'est la thermodynamique qui, en étudiant la conversion de l'énergie vibratoire en énergie visible, appela d'abord l'attention des savants sur les faits que cette grande loi résume. Essayons de dire comment.

Pour trouver les lois de cette conversion, elle considère une machine à feu, d'une simplicité toute théorique, composée d'un corps de pompe cylindrique vertical, dans lequel une certaine quantité d'air est emprisonnée sous le piston, et peut, lorsqu'on le veut, être mise successivement en communication calorifique avec deux masses de températures inégales que nous appellerons le corps *chaud* et le corps *froid*. Supposant cette machine déjà mise en train et arrivée à la marche régulière, elle distingue dans une seule excursion complète du piston quatre périodes.

Dans la première, le piston commence à s'élever; l'air, qui se dilate nécessairement en pressant contre le piston, et tendrait par suite à se refroidir, emprunte au corps chaud une certaine quantité de chaleur.

Dans la seconde, cette communication calorifique avec le corps chaud est supprimée; mais comme le piston achève de monter, l'air continue à se dilater en pressant contre lui, et il se refroidit.

Dans la troisième, le piston commence à redescendre, l'air se comprime et tend par suite à s'échauffer; mais il est en communication avec le corps froid sur lequel il dégage de la chaleur.

Enfin dans la quatrième, on supprime cette communication, et comme le piston achève sa course descendante, l'air se comprime en s'échauffant de manière à reprendre exactement le volume et la température qu'il avait au début.

Le cycle des quatre périodes recommence alors et se répète périodiquement tant que la machine continue sa marche régulière. Voyons quelles ont été, pendant la durée du cycle, les transformations de l'énergie vibratoire. Pendant toute l'ascension du piston, l'air, en se dilatant, exécute un travail positif qui augmente l'énergie visible de ce piston et des corps avec lesquels il est relié par les organes de la machine; mais aussi il prenait, pendant la première période, de la chaleur au corps chaud, et pendant la seconde sa propre température baissait. En d'autres termes, une certaine quantité de ce qui, dans cet air, était de l'énergie calorifique en est sortie à l'état visible pour se porter sur le piston et les corps extérieurs; mais en même temps une certaine quantité d'énergie calorifique est passée du corps chaud dans l'air lui-même. Pendant la descente, le piston a perdu de l'énergie visible qui est passée dans l'air à l'état calorifique; mais en même temps, pendant la troisième période une certaine quantité de l'énergie calorifique de l'air passait sur le corps froid. Si l'on compare l'énergie visible cédée d'abord par l'air au piston, avec celle que le piston lui cède ensuite, on trouve que la première l'emporte sur la seconde; et par conséquent, à la fin du cycle on peut dire que la transformation a servi à augmenter dans l'univers la quantité totale d'énergie visible. Il faut donc que la quantité totale d'énergie calorifique ait diminué d'autant. Or, l'air du corps de pompe est, à la fin du cycle, dans le même état qu'au commencement; donc, d'après la manière dont les transformations se sont opérées, toute la chaleur ainsi transformée a été prise au corps chaud.

L'air a servi d'intermédiaire entre celui-ci et le piston, enlevant au premier de l'énergie calorifique, la transformant par sa dilatation en énergie visible et la transmettant sous cette forme au piston. Mais en outre il a servi d'intermédiaire purement thermique entre le corps chaud et le corps froid; car il a dégagé de la chaleur sur le second; or, puisque lui-même est revenu à son état initial, il faut qu'il ait emprunté cette chaleur au premier.

Donc, en résumé, après un cycle entier, il s'est produit un double courant d'énergie. Le premier courant a emporté du corps chaud une certaine quantité de chaleur et l'a déposée sur le piston sous forme d'énergie visible; le second courant a emporté de la même source une autre quantité de chaleur, et l'a déposée sur le corps froid, en lui faisant subir la transformation qu'on appelle une *chute* de chaleur, c'est-à-dire en la faisant passer d'une température plus élevée à une température plus basse.

Tel est, sur la distribution de l'énergie dans le monde, l'effet des changements de volume des corps, quand ces changements s'accomplissent, comme dans l'exemple précédent, suivant un cycle *direct*. Mais ils peuvent aussi s'accomplir suivant un cycle *inverse*. Supposons que, dans la même machine à feu, on distribue ainsi les quatre périodes : 1° le piston se relève, l'air n'a aucune communication thermique; 2° le piston achève de s'élever, l'air communique avec le corps froid; 3° le piston descend, l'air n'a aucune communication; 4° le piston achève sa descente, l'air communique avec le corps chaud. Dans un cycle ainsi parcouru, il est aisé de voir que nos deux courants s'établissent précisément en sens contraires; le premier emprunte au piston de l'énergie visible qu'il transforme en chaleur et dépose sur le corps chaud; le second emprunte de la chaleur au corps froid et la dépose également sur le corps chaud, en la faisant ainsi *remonter* d'une température plus basse à une température plus élevée.

Mais, pour que cette seconde série de transformations

puisse neutraliser *exactement* l'effet de la première, on trouve qu'il est nécessaire que, dans les deux séries, l'air qui change de volume accomplisse ce changement dans des circonstances que nous ne parvenons pas à réaliser parfaitement, même dans nos meilleures machines. Ces circonstances, qu'on appelle *conditions de réversibilité*, sont l'égalité absolue, pendant toute l'opération, 1° de la pression *extérieure* variable que le piston applique à l'air, et de la pression *intérieure* que cet air possède en vertu de son volume et de sa température; 2° de la température de l'air et de celles des deux corps avec lesquels il se trouve successivement en communication thermique. Si ces deux conditions de réversibilité étaient toujours vérifiées dans la nature, on pourrait dire que le phénomène, si fréquent, si continu, des changements thermiques de volume ne contribue en rien à l'accomplissement de la troisième loi générale; car le cycle inverse pourrait neutraliser exactement l'effet du cycle direct, et comme, dans ces mêmes conditions, l'un des cycles est exactement aussi probable que l'autre, il faudrait admettre qu'en définitive leurs effets arrivent à se compenser dans l'univers. Mais cette réversibilité parfaite, loin d'être la loi générale, est au contraire une exception qui ne se réalise guère; et l'on trouve que deux cycles inverses l'un de l'autre, accomplis en dehors d'elle, ne se compensent plus, mais ont toujours pour effet de placer l'énergie sur la pente indiquée par la troisième loi. Ainsi pour ne citer que le cas le plus simple, dans une célèbre expérience imaginée par M. Joule, où il n'y a ni corps chaud, ni corps froid, ni pression extérieure, la dilatation de l'air se fait sans qu'aucune chaleur soit changée en énergie visible, tandis que le cycle inverse est impossible, et le retour de cet air à l'état primitif, par la compression, ne peut se faire sans changer l'énergie visible en chaleur.

Ce résultat attira, comme nous le disions, l'attention des savants sur une foule d'autres phénomènes, qui tous contribuent à faire marcher l'énergie dans le sens de la pente,

tandis que les phénomènes inverses ne peuvent la relever. Quand, par exemple, deux corps viennent à se choquer, une partie au moins de leur énergie visible devient de la chaleur ; mais il n'y a pas moyen de les mettre en mouvement en leur communiquant de la chaleur quand ils sont au contact. Il en est de même dans le frottement; de l'énergie visible s'y convertit en chaleur sans que le changement inverse soit possible. Or si l'on réfléchit au grand rôle que jouent dans l'univers les chocs et les frottements, on doit voir dans ces phénomènes une cause puissante qui travaille sans cesse à accomplir la première partie de la loi. La seconde partie s'accomplit de même à chaque instant, grâce à la loi des phénomènes purement thermiques, qui, soit par rayonnement, soit par conductibilité, tend à établir l'uniformité de la température.

C'est, au fond, en considérant à ce point de vue toutes les classes connues de phénomènes physiques, que l'on est arrivé à formuler la loi, et à se convaincre de son exactitude. Nous croyons d'ailleurs qu'il est possible d'indiquer la raison générale qui doit faire admettre au moins la première partie de cette loi.

Voyons en effet ce qui se passe quand une certaine quantité d'énergie visible se convertit en énergie vibratoire ; et pour fixer les idées, considérons cette conversion dans le cas d'un corps pesant qui tombe verticalement dans le vide et s'arrête à la surface du sol. On sait que le choc transforme toute la force vive de ce corps en une quantité équivalente de chaleur ; mais on sait assez par l'expérience qu'il n'y a pas moyen de produire le phénomène inverse. On aurait beau renverser le cycle, ou plutôt la série, et commencer par donner de la chaleur au sol et au corps pesant lorsqu'ils sont en contact, jamais le corps pesant ne quittera le sol pour remonter au point d'où il est descendu. Cela se comprend aisément si l'on considère, dans cette chute et dans cette élévation de température, les phénomènes élémentaires dont ils se composent. Dans la chute, tous les atomes du

corps pesant ont des vitesses égales et parallèles. C'est un état simple et uniforme, naturellement produit par une cause unique, la pesanteur. Mais cette simplicité et cette uniformité disparaissent au moment du choc ; parce que les forces moléculaires multiples du corps et du sol entrent alors en jeu, et il en résulte un ensemble, qu'à un certain point de vue on pourrait appeler désordonné, de vitesses atomiques inégales dans toutes les directions. A cet état correspond une certaine température dans les divers points des deux corps en contact ; mais la même température correspondrait à une infinité d'autres états vibratoires. Quelles sont les conséquences de cette transformation ? Sans doute, il est parfaitement certain que si plus tard à un moment quelconque on donnait à tous les atomes des deux corps des vitesses égales et diamétralement opposées à celles que le choc a produites, il en résulterait non-seulement la même température, mais encore toute une série exactement inverse de phénomènes, de façon que le corps pesant se détacherait du sol avec la vitesse qu'il avait en y arrivant, et remonterait verticalement à la hauteur d'où il est tombé ; mais pour cela, il ne suffit pas de faire absorber une certaine quantité de chaleur et d'arriver à une certaine distribution de la température ; pas plus que, pour faire un livre, il ne suffit de réunir dans un ordre quelconque le million de lettres dont il se compose. Il faudrait, entre tous les états vibratoires en nombre infini qui correspondent à la même distribution de la température, choisir exactement l'état inverse de celui qu'a produit le choc. De quelque façon qu'on s'y prenne pour communiquer la température, on n'a évidemment aucune chance de rencontrer cet état vibratoire particulier ; et l'on comprend par suite que, malgré la possibilité théorique du contraire, le phénomène se passe toujours comme l'expérience nous le montre.

Il est bien facile de généraliser cet exemple. Dans un grand nombre de cas, on voit sans peine que la simplicité et l'uniformité doivent se diviser en une multiplicité extrême-

ment variée, tandis que, vu le nombre infini de chances contraires, l'inimaginable multiplicité des mouvements atomiques est incapable de se réduire à l'unité. C'est pour cela que dans les phénomènes de la nature, l'énergie visible a énormément plus de chances de se diviser en énergie vibratoire, que celle-ci n'en a de se concentrer en énergie visible; c'est pour cela, par conséquent, que, selon la première partie de la loi que nous étudions, *la quantité d'énergie vibratoire augmente sans cesse aux dépens de l'énergie visible.*

Cette loi remarquable, bien que découverte depuis peu d'années, peut déjà être regardée comme aussi solide que les deux lois de la constance de la masse et de l'énergie. Elle est aussi bien établie que la plupart des lois expérimentales admises dans les sciences et, comme toutes ces lois, elle doit gagner en certitude avec le temps qui permet de multiplier les expériences pour les confirmer, et les observations pour en mieux démontrer la généralité. On le voit, d'ailleurs, il s'ensuit que l'univers, placé sur une pente, marche sans cesse vers un état que probablement il n'atteindra jamais, mais dont il pourra indéfiniment se rapprocher. Citons à ce propos les paroles de M. Clausius, un des fondateurs de la nouvelle science de la chaleur :

« Plus l'univers s'approche de cet état limite..., plus les occasions de nouveaux changements disparaissent; et si cet état se réalisait enfin, aucun nouveau changement n'aurait plus lieu, et l'univers se trouverait dans un état de mort persistante. Bien qu'actuellement il en soit encore très éloigné, et bien qu'il s'en rapproche avec une lenteur excessive, car nos périodes historiques sont de courts intervalles auprès des périodes immenses dont l'univers a besoin pour effectuer d'une manière successive ses moindres transformations, il y a une conséquence importante qui subsiste toujours, c'est qu'on a trouvé une loi naturelle qui permet de conclure d'une manière certaine que, dans l'univers, tout n'a pas un cours circulaire, mais que les modifications ont lieu

dans un sens déterminé, et tendent ainsi à amener un état limite (1). »

Il n'est pas nécessaire, pour concevoir cet état limite, de se représenter l'univers comme une masse d'une température uniforme dans laquelle ne se produiraient plus que des mouvements vibratoires. Il est possible que des portions de son énergie visible échappent éternellement au changement. Si, par exemple, les corps célestes ne sont pas soumis au frottement dans l'éther, si leurs révolutions sont tellement équilibrées qu'un certain nombre d'entre eux ne doivent jamais arriver à s'entre-choquer, on ne voit pas ce qui pourrait amener la conversion de leur énergie visible en calorifique. Mais il reste toujours vrai qu'un état, où aucune conversion de ce genre ne peut se produire, n'est comparable qu'à la mort ; or c'est vers un tel état que l'univers marche sans cesse. On peut donc dire qu'en naissant il a été comme nous condamné à mourir, et que la sentence s'accomplit lentement sous nos yeux.

C'est de cette troisième loi que nous parlions au commencement du chapitre III, quand, après avoir indiqué combien la physique moderne était peu encourageante pour le matérialisme, nous ajoutions : « L'athéisme est encore plus maltraité par cette théorie; car déjà dans son état actuel, elle établit scientifiquement le fait de la création. C'est d'elle en effet que découle une loi magnifique, découverte depuis moins d'un quart de siècle, admise, croyons-nous, par tous les savants qui l'ont étudiée, et qu'il suffit d'admettre pour être clairement, rigoureusement obligé de conclure que le monde matériel a eu un commencement. » En effet, il est évident d'abord qu'on ne peut admettre, comme M. Clausius, l'existence d'un état limite de l'univers, sans admettre en même temps que l'univers existant est limité; car s'il était infini,

(1) Rapport de M. Clausius au *Congrès des naturalistes et médecins allemands*, session de Francfort-sur-le-Mein. Une traduction de ce travail a paru dans la *Revue des cours scientifiques*, février 1868.

son énergie visible serait elle-même infinie, et rien n'autoriserait à dire qu'elle s'épuise. Du reste, le chapitre V a montré, d'une manière absolument irréfutable, que l'univers infini est une absurdité, qu'on ne peut l'admettre sans se contredire. Or, si l'univers n'avait pas eu de commencement, il ne pourrait pas être aujourd'hui en marche vers un état limite, il y serait arrivé depuis longtemps. L'énergie universelle serait toute transformée et distribuée comme elle doit l'être dans un lointain avenir. Si le monde était éternel, le monde serait mort aujourd'hui. Donc chaque transformation nous démontre qu'il n'est pas éternel et qu'il a eu un commencement. Pour se soustraire à cette conséquence, pour rejeter la création, il faut, tout en parlant au nom de la science moderne, ignorer ou repousser aveuglément l'une de ses plus belles découvertes.

Les trois grandes lois que nous venons d'étudier, la troisième surtout, amèneraient ici tout naturellement le sujet indiqué dans les dernières lignes du chapitre précédent, à savoir le plan du Créateur et le rôle assigné à nos actes dans l'ensemble de l'univers. Nous devons pourtant, avant de l'aborder directement, signaler une remarque fort simple et fort originale, publiée il y a trois ans par M. Philippe Breton, de Grenoble, ingénieur en chef des ponts et chaussées (1). Il ne paraît pas qu'elle ait attiré l'attention qu'elle mérite, à moins qu'on n'ait simplement négligé de la relever parce que, faute d'en apprécier nettement la portée, on ne savait trop comment s'en autoriser ou comment la combattre.

Le point de départ de M. Breton est un théorème de mécanique, très clairement énoncé dans les passages suivants : « Connaissant la série complète de tous les états successifs

(1) De la réversibilité de tout mouvement purement matériel. *Les Mondes*, 2, 9, 16 et 23 décembre 1875. Publié de nouveau, en 1876, avec quelques additions de l'auteur, dans les *Actualités scientifiques* de M. l'abbé Moigno.

d'un système de corps, et ces états se suivant et s'engendrant dans un ordre déterminé, du passé qui fait fonction de cause à l'avenir qui a le rang d'effet, considérons un de ces états successifs, et, sans rien changer aux masses composantes, ni aux forces qui agissent entre ces masses, ni aux lois de ces forces, non plus qu'aux situations actuelles des masses dans l'espace, remplaçons chaque vitesse par une vitesse égale et contraire... Nous appellerons cela *révertir* les vitesses ; ce changement lui-même prendra le nom de *réversion*, et nous appellerons sa possibilité *réversibilité* du mouvement du système...

« Or, quand on aura opéré (non dans la réalité mais dans la pensée pure) la réversion des vitesses d'un système de corps, il s'agira de trouver, pour ce système ainsi réverti, la série complète de ses états futurs et passés : cette recherche sera-t-elle plus ou moins difficile que le problème correspondant pour les états successifs du même système non réverti ? Ni plus ni moins, et la solution complète de l'un de ces deux problèmes donnera celle de l'autre par un changement très simple, consistant, en termes techniques, à changer le signe algébrique du temps, à écrire $-t$ au lieu de $+t$, et réciproquement. C'est-à-dire que les deux séries complètes d'états successifs du même système de corps différeront seulement en ce que l'avenir deviendra passé, et que le passé deviendra futur. Ce sera la même série d'états successifs parcourue en ordre inverse. La réversion des vitesses à une époque quelconque révertit simplement le temps; la série primitive des états successifs et la série révertie ont, à tous les instants correspondants, les mêmes figures du système avec les mêmes vitesses égales et contraires. Si l'on considère deux époques dans une de ces séries d'états avec les deux époques correspondantes dans l'autre série, et si l'on compare dans ces deux séries les chemins décrits par un même corps entre ces deux couples d'époques correspondantes, on trouvera identiquement le même chemin, parcouru par ce corps en deux sens opposés. »

Il faut, pour être parfaitement exact, apporter à cet énoncé un peu trop général une restriction qui, d'ailleurs, est absolument sans conséquence pour les applications au système de l'univers ; il faut en excepter certains problèmes de mécanique dans lesquels, grâce à la manière dont ils sont traités, les forces sont ce qu'on appelle des fonctions du temps. Quant à la démonstration, M. Breton ne la donne pas ; mais elle est bien facile à faire. Il suffit de supposer que l'on change, dans les équations qui renferment complétement le problème, soit le signe des vitesses initiales, soit le signe du temps considéré comme étant la variable indépendante (1); les deux changements donnent le même résultat, et c'est en cela précisément que consiste le théorème.

M. Breton applique ce principe général comme devrait le faire un matérialiste conséquent, pour lequel les phénomènes matériels sont les seuls qui existent, pour lequel par conséquent les phénomènes vitaux dans les animaux et les phénomènes de l'ordre intellectuel et moral dans l'homme doivent tous se réduire en dernière analyse à des déplacements mécaniques d'atomes ; « mais, dit-il, je proteste d'avance que, de ma part, ce n'est là qu'un rôle, une fiction ; et si je prends ce rôle, c'est dans l'intention de le pousser à des conséquences suffisamment absurdes pour manifester sa fausseté. » Suivons-le dans ces applications.

Une goutte de pluie, en tombant à travers l'air et en se mêlant avec l'eau d'un étang, produit des mouvements qui sont fort bien décrits par notre auteur. Supposant alors que la réversion se produise, il nous montre tous ces mouvements s'exécutant en ordre inverse et à rebours; la goutte de pluie se refait aux dépens de l'étang, et « commence à remonter en l'air ; puis toutes les molécules d'air que la goutte en tombant avait dérangées de leur mouvement, viennent lui restituer les actions qu'elles en ont reçues. » Quelques pages

(1) Par ce dernier changement les dérivées premières changent de signe, et les dérivées secondes restent inaltérées.

plus haut, nous avons fait du principe de la réversion une application toute semblable quand nous avons dit de quelles conditions *pratiquement irréalisables* dépendait la réversion de la chute d'un corps pesant qui s'est arrêté sur le sol. M. Breton ajoute : « Ceci commence bien à froisser un peu le bon sens : ce sera bien mieux si, au lieu d'une seule goutte de pluie, nous considérons toute une averse, composée de millions de gouttes inégales, ayant des vitesses inégales, qui, pendant leur chute réelle, se sont souvent rencontrées deux à deux et fondues en une seule goutte plus grosse. »

La manière dont une pierre se casse entre l'enclume et le marteau est ensuite exposée par le menu, puis on en vient à la réversion. « Voyez-vous les fragments de pierre qui viennent se rejoindre et se recoller entre l'enclume et le marteau, et renvoyer celui-ci en l'air ; après quoi la pierre a retrouvé sa forme, sa cohésion, sa dureté, toutes ses propriétés physiques, telles qu'elles étaient avant le cassage ? Il me semble que le froissement du bon sens augmente un peu. »

Comme troisième exemple pris dans les corps inorganiques, M. Breton décrit un cône d'éboulis au pied d'un rocher escarpé, et ajoute : « De toutes ces remarques, l'homme de bon sens conclut que le rocher supérieur laisse tomber de temps en temps des fragments de lui-même, de diverses grosseurs, qui bondissent plus ou moins facilement sur le tas déjà ancien, selon que la masse et le volume de chaque fragment le rend plus ou moins propre à prolonger la série de ses bonds descendants ; que ce tas est un cône d'éboulis qui s'est formé peu à peu de fragments détachés un à un du rocher, à des intervalles de temps assez longs pour que chacun d'eux soit allé s'arrêter à sa place, sans être gêné dans sa descente par d'autres blocs descendant avec lui et le touchant presque continuellement...

» Survient alors un géomètre doué d'une foi robuste dans la certitude de toutes les formules mathématiques, jointe à un dédain profond de tout ce qui n'entre pas dans ces formules, et qu'il qualifie de métaphysique ; je suppose que ce

géomètre ait examiné la théorie de la réversion, et reconnu que tout phénomène réel est théoriquement réversible. En conséquence il affirme tranquillement à notre observateur que ses conclusions sont douteuses ; qu'on peut croire tout aussi bien que ce n'est pas le rocher qui a fourni les matériaux du cône que l'on prétend être formé d'éboulis, mais qu'au contraire le cône a été autrefois plus grand qu'à présent, qu'il décroîtra dans l'avenir en envoyant en haut des pierres qui monteront jusqu'au rocher et s'y colleront. Pour le prouver, il invoque la réversion des mouvements moléculaires, qui subsistent certainement quelque part après que chaque fragment tombé du rocher s'est arrêté...

» Je ne dis pas encore à qui je donne raison dans ce débat. Je remarquerai seulement qu'il serait facile de multiplier les exemples de réversions choquant le bon sens universel, sans sortir de l'ordre purement physique, et en se laissant simplement guider par la loi générale de la dynamique, telle que les géomètres l'ont formulée. Et comme rien n'autorise à assigner des bornes quelconques à l'étendue et à la variété du monde physique ; comme d'ailleurs toutes les combinaisons possibles de vitesses des éléments matériels à un instant donné sont également probables, il est hautement probable, ou plutôt il est certain qu'il existe quelque part, dans les profondeurs de l'immensité, un monde où tous les phénomènes physiques dont nous sommes témoins se passent en ordre inverse. Ce monde que vous jugez être à rebours du bon sens, est simplement à rebours de vos habitudes. Là la lumière va de l'espace céleste vers les soleils ; là les actions chimiques, électriques, élastiques, caloriques, que nous connaissons, se produisent à rebours de nos expériences, et leurs explications et leurs lois sont les mêmes que chez nous... »

Dans le règne végétal nous verrions, par la réversion, une poire tombée « qui se dépourrit, qui redevient fruit mûr, qui se recolle à son arbre, puis redevient fruit vert, qui décroît, et redevient fleur flétrie, puis fleur semblable à une

fleur fraîchement éclose, puis bouton de fleur, puis bourgeon à fruit, en même temps que ses matériaux repassent les uns à l'état d'acide carbonique et vapeur d'eau répandue dans l'air, les autres à l'état de sève, puis à celui d'humus ou d'engrais. » Nous verrions « les bois pourris se dépourrir, se recoller en branches, en troncs, en racines vivantes;... les feuilles mortes se raccrocher chacune à sa place sur son arbre, en repassant de la couleur brune au rouge, puis au jaune, puis au vert,... se contracter en feuilles naissantes, se réenvelopper en bourgeons, et les branches qui étaient déjà durcies repasser par la consistance herbacée des jeunes pousses, pour décroître et se renfermer en bourgeons, puis chaque arbre décroître et redevenir une graine. Et il n'y a pas de raison pour s'arrêter là, cette graine devant se démûrir, redevenir fleur passée, etc. »

Nous verrions dans le règne animal « les débris des os et de la chair de la proie qui reviennent de l'estomac du carnassier dans sa bouche, pour se reconstruire entre ses dents, et reconstituer la proie toute vivante, puis... les deux bêtes se mettent à courir à reculons, le carnassier s'enfuyant affamé devant le derrière de son ex-proie. » Au lieu de dire : *omne vivum ex ovo,* tout ce qui vit vient d'un œuf, il faudrait dire : tout être vivant sort d'un cadavre et finit en un œuf.

Par la réversion encore, « les deux règnes organiques opèrent en sens inverse de ce que nous connaissons. La respiration animale prend l'acide carbonique dans l'air, garde le charbon et même l'hydrogène pour enrichir le sang de matières combustibles, et celles-ci, entre les dents des animaux, s'assemblent en organes végétaux; puis les plantes ainsi constituées décroissent en brûlant leurs matériaux combustibles, et rendent à l'air ces matériaux brûlés. »

Enfin si, nous conformant aux dogmes matérialistes, nous appliquons aux hommes les lois de ce monde réverti, nous trouvons qu'ils entendent les paroles avant qu'elles ne soient prononcées, qu'ils aperçoivent les éclipses avant qu'elles ne se produisent. Ils se rappellent l'avenir, et devinent timide-

ment ce qui vient de leur arriver. A mesure que l'avenir se réalise dans le présent, ils l'oublient; ils n'ont pas d'historiens, mais seulement des prophètes. Ils exécutent leurs résolutions avant de les avoir prises, et ne les prennent que pour exercer quelque action sur les évènements passés. Ils ne se repentent jamais que des actes qu'ils n'ont pas posés, et attendent souvent pour commettre un crime qu'ils en aient été punis d'abord par les tribunaux. Dans l'industrie, ils défont leurs machines pour reconstituer le minerai, et enfouissent profondément toute la houille qu'ils trouvent. Dans le commerce, ils transportent les marchandises aux lieux où elles abondent; ils n'aiment pas ceux qui les paient longtemps à l'avance. Dans leurs études, ils commencent par les parties les plus ardues; leurs mathématiciens, par exemple, possèdent la théorie des fonctions elliptiques plusieurs années avant d'apprendre la table de multiplication. Leurs guerres commencent toujours par un traité de paix. Leurs journaux ne se composent qu'après avoir été distribués au public, et la poste chez eux a généralement l'avance sur le télégraphe. Sans qu'il soit nécessaire de parler de leur politique, on voit que l'on peut aisément accumuler ici autant d'absurdités que l'on voudra.

Nos lecteurs ne peuvent être embarrassés par ces derniers exemples; rien d'étonnant que toutes ces réversions dans l'ordre intellectuel et moral soient absurdes, puisque le théorème général de la réversibilité ne s'applique qu'aux phénomènes purement matériels. Mais les phénomènes révertis dans les corps inorganiques, dont nous avons cité quelques exemples, sont réellement, il faut en convenir, fort embarrassants. D'un côté, en effet, pris en eux-mêmes, ils paraissent absolument improbables, pratiquement impossibles. De l'autre, si l'on considère quel simple changement de données suffirait, d'après les principes de la physique moderne, à les rendre nécessaires, ils paraissent être aussi probables, *a priori*, que les phénomènes auxquels nous sommes habitués.

Il y a là une contradiction, au moins apparente, qui, si elle n'était pas clairement détruite, constituerait une objection sérieuse contre ces mêmes principes, et contre toutes les conséquences qu'ils nous ont fournies. Nous allons donc essayer de résoudre cette difficulté ; mais il faut désormais nous séparer de M. Breton ; car, s'il admet comme nous la physique moderne, il la sauvegarde ici par un système que nous ne pouvons admettre.

Si nous l'avons bien compris, il soupçonne qu'il y a « une lacune essentielle dans la mécanique rationnelle ; » il réclame, pour la combler, « l'introduction, dans l'emploi mathématique du temps de quelque condition expressément manifestée par la notation, qui ne permette pas » de confondre le passé et l'avenir. Il semble croire qu'alors on ne rencontrerait plus de ces réversions qui lui font dire : « Ceci commence bien à froisser un peu le bon sens... Il me semble que le froissement du bon sens augmente un peu ; » et dont on rencontre cependant tant d'exemples « choquant le bon sens universel, sans sortir de l'ordre purement physique, et en se laissant simplement guider par la loi générale de la dynamique, telle que les géomètres l'ont formulée. » Nous le dirons sans détour. Il nous est bien évident que la mécanique rationnelle n'est pas en défaut, et qu'aucune précaution comme celle que suggère M. Breton ne peut avoir la moindre influence sur les conclusions qu'il voudrait écarter ; car si l'on change le signe du temps, ce n'est pas pour rendre possible le problème réverti, ni même, à proprement parler, pour le résoudre ; c'est uniquement pour le comparer au problème primitif, et relier entre elles les deux solutions. Chaque fois que nous saurons résoudre l'un quelconque des deux, nous saurons résoudre l'autre, directement, par les mêmes procédés, et sans recourir à la considération d'aucun temps négatif. La précaution suggérée sera donc manifestement superflue, puisqu'il sera absolument impossible de confondre le passé et l'avenir. Du reste, M. Breton n'essaie pas de montrer comment ce qu'il propose corrigerait la théorie

générale de la réversibilité. Il admet, dans son travail, certains cas de réversion, par exemple, pour les mouvements des corps célestes ; comment parvient-il à les conserver, tout en rejetant les autres? Et puis, que peut-il lui rester de son argument contre les matérialistes? Au fond, il dit à ceux-ci : les phénomènes de l'ordre intellectuel et moral ne peuvent être purement matériels, puisqu'ils deviennent absurdes dans la réversion. — Mais cela suppose que tout phénomène purement matériel peut être réverti sans devenir absurde. Or, M. Breton semble bien penser le contraire.

Pour lever nous même l'apparente contradiction signalée plus haut, nous ne dirons pas à M. Breton : ce que dans l'ordre matériel, « vous jugez être à rebours du bon sens, est simplement à rebours de vos habitudes. » Non, nous reconnaissons que ces phénomènes, comme la pluie qui remonte, la pierre cassée qui se reforme, le rocher qui se reconstitue aux dépens de l'éboulis, sont, pour qui les considère en eux-mêmes, excessivement improbables, tellement improbables qu'il faut les regarder comme pratiquement impossibles. Seulement nous n'allons pas jusqu'à les déclarer théoriquement impossibles ; parce que, sans même songer au théorème général de la réversion, nous concevons aisément que certaines conditions d'ordre dans les actions moléculaires, conditions qui ne sont pas absurdes, les rendraient nécessaires. Le théorème de la réversion nous donne une formule simple pour exprimer exactement de pareilles conditions. Mais ce que nous avons dit plus haut, en indiquant la raison générale de notre troisième loi cosmique, nous autorise à prédire que cette possibilité théorique n'a aucune chance de devenir jamais une réalité. Le phénomène direct a toutes les chances pour lui, parce qu'il consiste dans la dispersion de l'énergie visible en une multitude quelconque de mouvements divers ; le phénomène réverti n'en a aucune, parce qu'il consiste dans la concentration régulière, en un mouvement visible déterminé, d'une multitude énorme de petits mouvements qui peuvent exister d'une infinité de manières sans avoir

aucune tendance à la concentration. L'exemple donné plus haut d'un livre formé par la réunion fortuite d'un million de lettres, suffit à peine à nous faire apprécier de pareilles improbabilités; il y a tant de milliards d'atomes dans la moindre goutte d'eau, et chacun d'eux peut y prendre tant de mouvements divers, que nous croirions à la formation fortuite de tous les livres d'une bibliothèque, plutôt qu'au mouvement réverti d'une seule goutte de pluie. Aussi nous rejetons sans hésiter la singulière assertion, déjà citée, que M. Breton croit être une conséquence de la réversion : « et comme rien n'autorise à assigner des bornes quelconques à l'étendue et à la variété du monde physique; comme d'ailleurs toutes les combinaisons possibles de vitesses des éléments matériels à un instant donné sont également probables, il est hautement probable, ou plutôt il est certain qu'il existe quelque part, dans les profondeurs de l'immensité, un monde où tous les phénomènes physiques dont nous sommes témoins se passent en ordre inverse. » — Malgré l'immense étendue et la variété du monde physique, la probabilité des phénomènes qui nous occupent est si faible, grâce entre autres au nombre des « combinaisons possibles de vitesses des éléments matériels, » qu'il n'y a aucune raison de leur assigner pour théâtre, dans les profondeurs de l'immensité, ni un monde ni une fraction quelconque de monde.

Comprenons bien pourtant cette négation. Il n'y a aucune raison, c'est-à-dire que rien, absolument rien, dans la nature d'un pareil monde, ne nous autorise à admettre sa réalisation. Mais puisque, après tout, il est théoriquement possible, il faut bien reconnaître que le Créateur peut l'appeler à l'existence. Seulement, pour croire à ce décret divin, il faudrait une raison, et la seule que l'on pût maintenant invoquer, c'est qu'il s'harmoniserait bien avec ce que nous croyons connaître du plan providentiel. Or, quelque conjecturale et sujette à l'erreur que soit cette manière de découvrir ce qui existe, nous devons faire remarquer qu'elle n'est, en aucune façon, favorable à l'existence d'un monde réverti. En effet,

d'après ce que nous venons de voir, les phénomènes révertis exigent souvent le concours d'un nombre presque infini de circonstances indépendantes, et c'est là ce qui les rend improbables ; mais évidemment la même raison fera que, dans la plupart des cas, la moindre influence extérieure suffirait pour empêcher le phénomène, en écartant ou changeant quelques-unes de ces circonstances, et en rendant ainsi leur concours impossible. L'ordre régulier, dans un pareil monde, serait donc quelque chose d'éminemment instable, où les plus légers caprices des agents volontaires pourraient apporter d'énormes perturbations. Se figure-t-on ce que deviendrait la société humaine, si chacun de nous avait le pouvoir de bouleverser la terre en remuant le doigt? Bien loin d'entrer dans les vues de la Providence, il nous semble qu'un pareil monde, s'il se présentait naturellement, devrait être écarté par elle.

Il est donc bien entendu que nous n'atténuons en aucune façon l'improbabilité d'un grand nombre de phénomènes révertis. Quand nous les considérons en eux-mêmes, sans songer au théorème général de la réversion, nous voyons parfaitement qu'ils n'ont aucune chance d'être jamais réalisés. Le fait qu'il suffit, pour les produire, de retourner toutes les vitesses les rend-il plus probables? Nous allons voir le contraire, et le théorème lui-même nous aidera à faire cette démonstration.

Voyons d'abord ce que renferme cette condition du retournement des vitesses, qui a l'air d'être aussi facile à remplir qu'à formuler. Supposons un instant qu'on veuille la remplir par l'application de forces extérieures à tous les points mobiles de l'univers. Quel serait le travail de ces forces? On peut le décomposer en deux parties égales ; la première aurait pour effet de détruire toutes les vitesses, la seconde de produire des vitesses égales en sens contraires. Chacune de ces parties peut se mesurer par la force vive qui lui est équivalente. Or, on le voit, pour l'une et pour l'autre, cette force vive est précisément toute la force vive de l'univers. Il est

vrai que la première partie serait un travail négatif et la seconde un travail positif, de façon que la somme serait nulle et qu'après l'intervention de ces forces extérieures l'énergie actuelle de l'univers serait redevenue ce qu'elle était auparavant; mais on sait qu'en mécanique, quand il s'agit d'une force, travail et action sont loin d'être synonymes. On a vu, au chapitre III, l'exemple d'une force qui agit constamment, et dont cependant le travail est constamment nul. Le retournement de toutes les vitesses exigerait donc une action énorme; mais quand même on le réduirait à des proportions moins gigantesques, il serait encore absolument impossible de le réaliser par des forces mécaniques, dans les conditions que suppose l'énoncé du théorème. En effet, le retournement, pour ne point altérer les positions des atomes, devrait se faire, non en un temps très court, mais en un instant. Or il n'y a aucune force mécanique, quelque grande qu'on la suppose, qui puisse, en un instant, changer d'aussi peu que l'on voudra la vitesse d'un mobile. Donc, tel que nous l'avons supposé jusqu'ici, le retournement ne pourrait se faire que par un miracle; et ce miracle serait bien le plus grand qu'on puisse imaginer dans l'ordre purement matériel. Mais qui oserait lui attribuer la moindre probabilité?

Gardons-nous cependant d'exagérer l'importance de cette remarque. On peut, en effet, conclure du théorème de la réversion, que si, à un instant quelconque dans l'avenir, les vitesses arrivaient à être toutes contraires à ce qu'elles sont aujourd'hui, tandis que le système des atomes serait précisément revenu à sa figure actuelle, à partir de cet instant, ou plutôt autour de cet instant, tous les phénomènes seraient exactement les inverses de ce qu'ils sont à l'époque actuelle. Ainsi exprimée, la condition n'exige plus de changement instantané. Mais il est aisé de voir qu'elle ne pourra jamais être remplie.

Admettons, en effet, que ce genre de réversion doive un jour se produire. D'après le théorème fondamental, les phénomènes qui découlent de l'état actuel du monde devront né-

cessairement, révertis et rangés en ordre inverse, précéder et amener cet état futur; en d'autres termes, toute la série intermédiaire des phénomènes, parcourue à rebours, doit être sa propre révertie. Cette série se composera donc de deux parties parfaitement symétriques, égales en durée, dont l'une sera la révertie de l'autre. Que sera donc l'état de l'univers juste au milieu de cet intervalle de temps, à l'instant précis qui termine la première partie et commence la seconde? Ce sera un état qui est à lui-même son propre réverti, c'est-à-dire, un état qui ne change pas par le retournement de toutes ses vitesses. Ce sera donc un état *où toutes les vitesses sont nulles*.

Qu'on ne se méprenne pas sur le sens de cette conclusion. Des vitesses nulles ne sont pas nécessairement le repos; elles peuvent ne correspondre, et dans notre hypothèse elles ne correspondraient qu'à un seul instant; elles n'auraient aucune durée. Ainsi, pour citer un exemple qui se présente de lui-même à propos de réversion, le pendule simple, arrivé au plus haut de sa course, a une vitesse nulle, mais ne reste pas en repos. Cette vitesse nulle étant sa propre révertie, le pendule repasse alors, en ordre inverse et avec des vitesses retournées, par toutes les positions qu'il a précédemment occupées.

Mais il est aisé de voir que, si un pareil fait se produit périodiquement dans les oscillations planes du point unique qui constitue le pendule simple, jamais il ne pourra se produire pour l'ensemble des atomes de notre univers. Car, sans compter les mouvements révolutifs des planètes qui, comme nous le disions à propos de la troisième loi générale, ont toute chance de ne jamais disparaître dans l'énergie vibratoire, ce n'est que par exception que certains mouvements vibratoires admettent, comme le pendule, une vitesse nulle en deux points de leur trajectoire. En général, la vitesse d'un atome qui vibre oscille entre un maximum et un minimum qui n'est pas nul. Et quand bien même tout atome en vibrant serait capable d'une vitesse nulle, comme il ne l'aurait jamais

qu'à certains *instants* séparés par des *intervalles* continus, il n'y a pas la moindre probabilité que tous les atomes puissent arriver exactement ensemble à cette phase singulière de leurs mouvements. Il faut donc reconnaître que, jusqu'au plus lointain avenir de notre univers, avenir sur lequel la troisième loi générale nous a donné quelque lumière, il y aura toujours dans l'énergie totale une certaine quantité d'énergie actuelle; que jamais il ne viendra un instant où toutes les vitesses seront nulles, et que jamais, par conséquent, l'ordre actuel ne sera réverti.

Il est pourtant permis d'admettre un instant où toutes les vitesses atomiques ont été nulles ensemble; mais dans l'univers que nous connaissons, cet instant ne peut être que le véritable instant initial; car, une fois commencée la série de ses mouvements, on peut être sûr, d'après ce que nous venons de voir, qu'un pareil instant ne se présentera plus. On n'a jamais démontré qu'un commencement à partir du repos fût impossible; et s'il n'est pas impossible, il nous semble de beaucoup le plus probable; car alors tous les phénomènes purement matériels seraient bien réellement dus aux seules forces atomiques; si au contraire on admet des vitesses réelles dès le premier instant, les premiers phénomènes seraient dus à une autre cause, et ces vitesses auraient déposé, dans le trésor désormais constant de l'énergie totale, une portion qui ne serait pas due à l'activité des substances atomiques. Elles constitueraient une intervention véritable, surajoutée à la création; intervention qui est très possible sans doute, mais qu'il faudrait admettre seulement si elle était reconnue indispensable.

Si maintenant, tout en considérant un tel état comme réellement initial, on se demandait cependant quels phénomènes *antérieurs* pourraient être admis sans le rendre impossible, on trouverait évidemment pour réponse, d'après le théorème fondamental, la série révertie des phénomènes réels. Mais puisque, dans les phénomènes réels, il ne peut se trouver un second instant où toutes les vitesses ensemble seraient rigou-

reusement nulles, on ne pourrait supposer que la série révertie commence, elle aussi, à partir du repos. Par suite il faudrait certainement lui donner pour origine une intervention tout à fait analogue au miracle qui pourrait aujourd'hui retourner instantanément toutes les vitesses; et nous pouvons bien dire, comme précédemment, qu'une pareille intervention n'a pas la moindre probabilité.

Que si, au contraire, on ne veut pas admettre, même à l'origine du monde, un état où toutes les vitesses sont nulles, il faudra *a fortiori* le rejeter dans toute la série du passé; il faudra, par suite, nier également toute réversion dans le passé; car il y a nécessairement, comme nous l'avons vu, un pareil état entre deux états mutuellement révertis.

Ainsi donc, loin de rendre probables les phénomènes révertis qui, considérés en eux-mêmes, nous apparaissaient comme pratiquement impossibles, le théorème général de la réversion nous démontre que leur existence ne peut être admise ni dans l'avenir, ni dans le passé. La condition de leur existence, si simple dans son énoncé, ne peut à aucune époque être réalisée, pour l'univers entier, que par une intervention miraculeuse, qui, bien loin d'être probable, semble tout à fait opposée aux vues de la Providence.

Ces remarques suffisent pour faire disparaître la contradiction apparente qui nous embarrassait. Nous ne les pousserons pas plus loin; et nous renonçons à développer l'argument nouveau qu'elles fournissent contre le matérialisme. Contentons-nous d'en indiquer sommairement la substance. Quelque improbable que soit la réversion pour les phénomènes purement matériels de notre univers, elle n'est pas absurde en elle-même et elle ne peut pas l'être, parce que, de deux états successifs d'un système atomique, chacun peut, absolument parlant, jouer relativement à l'autre le rôle de cause ou le rôle d'effet; ce n'est pas la nature de ces états, c'est l'ordre de succession qui décide. Mais il n'en est plus de même dans les phénomènes de l'ordre intellectuel et moral; de là les absurdités essentielles qu'y produit l'hypothèse d'une réver-

sion, et dont nous avons vu plus haut quelques exemples. Il s'ensuit évidemment que ces phénomènes ne sont pas de l'ordre matériel. Pour échapper à cette conclusion, il faut nier le théorème de la réversion, il faut s'inscrire en faux contre la mécanique rationnelle.

Abordons enfin la partie de ce chapitre qui doit le plus vivement intéresser un philosophe : le plan providentiel et le rôle que nous y jouons. Au fond tout ce qui précède renferme les traits les plus généraux qui nous soient connus du plan de l'univers; mais, après l'avoir lu, nous devons être bien tentés de considérer notre rôle comme fort insignifiant. Ainsi nous venons de voir que, dans l'ordre adopté, il n'y a aucune place pour ces phénomènes révertis qui, s'ils avaient souvent la chance de se produire, donneraient par leur instabilité une redoutable puissance aux caprices de notre liberté. Ainsi encore, nous avons reconnu dans cet ordre trois grandes lois qui nous dominent tyranniquement; la constance de la masse, sur laquelle nous ne pouvons rien; la constance de l'énergie, dans laquelle nos mouvements volontaires, nous le verrons plus tard, n'apportent que des modifications imperceptibles; et enfin la marche de l'énergie dans un sens déterminé, marche dont nos machines à feu et toute notre industrie ne peuvent altérer, d'une façon appréciable, ni la direction, ni la rapidité. Ces grands faits d'ailleurs ne nous étaient pas nécessaires pour démontrer notre impuissance; elle éclate de toutes parts. Nous aurons beau multiplier nos ressources par les découvertes de la science, coordonner socialement nos efforts d'après les règles les plus sages de l'économie, et accumuler le travail des générations qui se succèdent, nous ne parviendrons jamais, même dans la carrière si restreinte accessible à notre activité, soit à enrayer le char de la nature, soit à le diriger. Dieu, qui seul lui marque sa route, n'en veut pas confier les rênes au suffrage universel. Tout ce que nous pouvons, c'est d'y prendre place comme simples passagers.

Et cependant, à un autre point de vue, il est vrai de dire que notre influence sur le monde matériel est immense, qu'elle est vraiment proportionnée à la supériorité de la créature intellectuelle et morale sur la substance atomique, aveugle et inconsciente ; seulement cette influence ne s'exerce pas directement, elle a pour intermédiaire la Providence divine. — En parlant ainsi, nous ne voulons pas dire vaguement que l'existence du monde purement matériel a été subordonné à celle de la créature rationnelle, que les lois physiques de l'univers ont été calculées en vue de la loi naturelle imposée à l'être moral ; que notre terre, par exemple, a été destinée et préparée à recevoir le genre humain, pour être le théâtre qui convient à nos efforts pendant l'épreuve passagère qui nous est imposée; nous prétendons que nos actes libres de tous les jours, nos déterminations morales, nos actions religieuses, ont, grâce à la Providence spéciale du Dieu qui les surveille pour les punir ou les récompenser, une influence directrice sur les phénomènes matériels de l'univers, une influence capable de modifier profondément la série de ces phénomènes. Le divin conducteur du char tient compte, en le guidant, de nos besoins et de nos désirs.

Cette doctrine, qui est en harmonie avec ce qu'il y a de plus profond dans la nature morale et religieuse de l'homme, ne plaît pas à tous les esprits. Elle a pour adversaires, non seulement les athées qui sont forcément fatalistes, mais encore des philosophes qui font profession de croire à un Dieu créateur et conservateur du monde. Un homme qui est arrivé à la célébrité dans plus d'un genre, M. Jules Simon, a écrit, il y a quelque vingt ans, un ouvrage intitulé : *La Religion naturelle*, qui a bien un peu pour objet de combattre la religion surnaturelle, mais où cependant il a osé soutenir et la création, et la Providence, et la vie future, toutes choses que ses plus intimes amis condamnent aujourd'hui comme réactionnaires. Il n'y parle de Dieu qu'avec onction, avec dévotion même. « Mon cœur est tout plein de lui, » nous dit-il dans sa préface. « Il est mon soutien et mon espoir, le fonde-

ment de ma raison, l'étoile de mon amour et de ma volonté. »
Et cette dévotion est pratique ; elle le détache du monde, et le rend capable de tous les efforts et de tous les sacrifices.
« Voilà ma foi, dit-il un peu plus loin. Rempli de cette pensée, je ne puis connaître la solitude, ni le désespoir. Dieu me voit, Dieu m'attend. Je vois le monde invisible par les yeux de mon entendement. Ce monde-ci peut m'écraser ; ce n'est qu'une douleur d'un jour, dont je serai payé au centuple. Je sais que la carrière de la vertu est pénible, que le vice et quelquefois le crime sont des éléments de succès. Je ne demande rien au monde que l'occasion de lutter et de mériter. Mon repos, ma patrie, mon Dieu sont ailleurs. »

Cependant M. Jules Simon n'admet pas « que Dieu dirige le monde, et particulièrement l'humanité, par une intervention spéciale de tous les instants, » pour lui le gouvernement de la Providence n'est représenté que par l'établissement de « lois générales. » Et voici sa raison : « Si l'on disait tout simplement que la volonté de Dieu est présente partout comme son intelligence, il faudrait le reconnaître ; mais là n'est pas la question. Ce que l'on demande, dans le système que nous examinons, ce n'est pas que Dieu puisse agir partout, ce n'est pas même qu'il agisse partout ; sur ces deux points, il n'y aurait aucune contestation ; c'est qu'il modifie ses résolutions, qu'il interrompe le cours de ses lois générales, par suite de l'usage que les hommes auront fait de leur liberté. En un mot, on demande que le plan de l'univers ne soit pas stable, que les résolutions de Dieu ne soient pas inébranlables, que ses vues ne soient pas exclusivement générales, que son acte ne soit pas unique, que sa sérénité ne soit pas absolue ; mais qu'au contraire, il reçoive en lui des mouvements causés par sa créature, qu'il réponde par des résolutions nouvelles à nos vœux et à nos fautes ; en un mot, car il n'y a pas moyen de résister à cette conséquence et elle nous revient de toutes parts, qu'il tombe avec nous dans le temps : ce qui est absurde (1). »

(1) *La Religion naturelle*, deuxième partie, chap. IV.

Les considérations de mécanique rationnelle, dans lesquelles nous avons dû entrer précédemment, nous rendent bien facile la réfutation de cette objection. Relevons-y d'abord une confusion que commettent souvent les philosophes, quand ils parlent de ces questions cosmologiques. Ils semblent ignorer qu'une série de phénomènes peut être altérée, très profondément altérée, au point de n'avoir plus rien de sa physionomie primitive, sans que pour cela il soit nécessaire « d'interrompre le cours des lois générales. » Il y a deux choses distinctes dans tout problème de dynamique : les lois générales qui figurent dans les équations différentielles, et ce qu'on appelle l'état initial. En faisant varier celui-ci, on trouve par les mêmes équations, c'est-à-dire, par les mêmes lois et avec les mêmes forces, des résultats très différents, parfois même opposés. C'est la même loi, c'est la même force qui fait tourner la planète dans une orbite à peu près circulaire, et rejette la comète dans l'espace sur une orbite hyperbolique. Il n'y a, entre les deux cas, qu'une différence de vitesses initiales. Dans l'immense problème du monde, songeons aux milliards d'atomes qui constituent la plus petite particule de matière, aux masses énormes que nous connaissons dans cette étendue aux limites ignorées, et demandons-nous combien d'états initiaux différents il est possible d'obtenir en variant seulement les positions de tous ces atomes. Un pareil nombre nous confond et nous ne saurions l'imaginer, mais Dieu qui le connaît, en connaît également toutes les unités ; et sous chacune de ces unités il voit toute la série de phénomènes qui en découlerait. Il voit cela bien plus nettement que nous ne voyons nous-mêmes, dans les équations les plus simples de la mécanique céleste, les diverses orbites, elliptiques, paraboliques, hyperboliques, résulter des diverses conditions initiales qu'il nous plaît de supposer. Eh bien ! chacun de ces états initiaux constitue un plan différent ; et quoiqu'ils correspondent tous aux mêmes « lois générales, » nous concevons sans peine qu'il en doive découler des séries d'évènements tellement diverses que nous

n'y pourrions deviner la moindre ressemblance. De tous ces plans possibles, un seul a été choisi. Quelle a pu être la raison de ce choix?

Dieu, qui prévoit jusqu'aux dernières conséquences de chaque état initial, n'est pas arrêté dans sa prescience par notre liberté. Il prévoit tous nos actes libres ; ce qui ne les empêche pas d'être libres, car ils ne seront pas posés parce qu'ils sont prévus, mais ils sont prévus parce qu'ils seront posés. Ces actes entrent dans le développement du plan divin avec tous ceux des substances atomiques, et Dieu prévoit leurs rapports mutuels. Ici évidemment le problème de l'univers s'élargit; ce n'est plus un simple problème de mécanique, c'est un problème providentiel qui dépasse la portée de toute intelligence créée. Seul le Créateur peut le résoudre, en coordonnant, dans sa prescience, des phénomènes de deux classes essentiellement distinctes. Mais dans cette coordination, laquelle des deux classes devra être subordonnée à l'autre? Évidemment la matière doit ici se soumettre à l'esprit; évidemment l'ordre intellectuel et moral sera la raison d'être de l'ordre purement matériel. L'état initial des atomes sera donc disposé en vue des phénomènes intellectuels et moraux auxquels ils doivent concourir dans la suite des siècles; et l'on peut dire que ce qui détermine le choix providentiel entre les états initiaux, c'est la prévision des actes libres.

Eh bien! faut-il pour admettre une pareille doctrine, demander que Dieu « modifie ses résolutions, qu'il interrompe le cours de ses lois générales, par suite de l'usage que les hommes auront fait de leur liberté? » S'ensuit-il « que le plan de l'univers ne soit pas stable, que les résolutions de Dieu ne soient pas inébranlables?... qu'il réponde par des résolutions nouvelles à nos vœux et à nos fautes ; en un mot... qu'il tombe avec nous dans le temps : ce qui est absurde »? Evidemment non. Et cependant il ressort bien de cette même doctrine que nos actes libres de tous les jours, nos déterminations morales, nos actions religieuses exercent une in-

fluence directrice sur les phénomènes matériels de l'univers, puisque la série de ces phénomènes, et l'état initial dont ils dérivent, ont été choisis par la Providence en vue de l'usage que nous devions faire de notre liberté. Nul de nous ne peut dire ce que telle de ses actions libres, supprimée librement comme elle pouvait l'être, ou remplacée par son contraire, eût, grâce à la prescience et à la volonté du Créateur, entraîné de changements dans l'état initial de l'univers et, par suite, dans tous les états postérieurs.

Il faut donc reconnaître, non seulement la haute dignité, mais encore la souveraine puissance de la liberté morale. Dieu l'a placée au sommet de son œuvre, et c'est en la regardant qu'il a disposé toute la création matérielle. C'est elle qui, semblable au ferment de l'évangile, remue toute cette masse énorme du monde qui sans elle serait une masse inerte. L'âme humaine, dont la force mécanique est si peu de chose qu'elle échappe aujourd'hui encore à toutes nos mesures, donne cependant la vie et le mouvement à tout son organisme; de même, grâce à la Providence, la liberté morale, malgré la faiblesse de son action immédiate, dirige en réalité l'ensemble de l'univers; on peut dire qu'elle en est l'âme, et l'on a bien le droit de détourner quelque peu de leur sens, pour les lui appliquer, les beaux vers du poète latin :

> Principio cœlum, ac terras, camposque liquentes.
> Lucentemque globum Lunæ, Titaniaque astra
> Spiritus intus alit; totamque infusa per artus
> Mens agitat molem, et magno se corpore miscet (1).

Au fond, la conviction d'une providence spéciale se trouve dans toutes les consciences; elle y est la source de nos actes moraux et religieux. C'est d'elle que naît cet invincible besoin de la prière, qui se fait sentir même aux malheureux qui font profession d'athéisme. On conçoit qu'un adversaire de l'Église

(1) Énéide, liv. VI.

essaie de l'ébranler; car c'est vers l'Église qu'elle pousse l'humanité; tout esprit sincère qui se laisse guider par elle, en étudiant l'histoire, finit par y reconnaître, avec Bossuet, l'action d'un « Dieu qui rapporte tous ses conseils à la conservation de sa sainte Église (1) ».

Ces considérations nous mèneraient peut-être un peu loin des phénomènes matériels; mais à coup sûr, ce ne sera pas sortir de notre sujet, que de dire un mot de la prière; car l'Église nous enseigne à prier, même pour demander des bienfaits temporels. C'est son divin fondateur qui a dit dans l'évangile : « Vous prierez ainsi : Notre père qui êtes aux cieux,... donnez-nous aujourd'hui notre pain quotidien. »

Il est vrai que M. Jules Simon nous dit le contraire : « Nous ne dirons pas : Mon Dieu, fais pousser mes épis. Mais nous dirons : Mon Dieu, donne-moi le courage de semer; ou : console-moi de n'avoir pas récolté. » Quelques lignes plus haut, il disait : « Il n'est pas permis de demander à Dieu des choses pour lesquelles on rougirait d'importuner un ami. Quand même il s'agirait de toute notre fortune, est-il d'une âme religieuse de ne comparaître devant son Créateur que pour en faire le confident d'une pensée d'avarice? Dans le combat que se livrent nos convoitises, Dieu est indifférent, ou, s'il accorde sa protection, il ne l'accorde qu'au courage et au travail. C'est donc en travaillant, et non en formant des vœux, que nous pouvons réussir. En courant dans une plaine, je sens tout à coup que la terre me manque, et que je suis précipité. — O mon Dieu, sauvez-moi! — C'est le cri que la nature m'inspire. Mais comment Dieu me sauvera-t-il? Sera-ce par un miracle; en suspendant l'action des lois de la pesanteur? Non : cette espérance ne traverse pas même mon esprit. Je demande à Dieu de me faire trouver une branche secourable, au lieu de me laisser rouler jusqu'à l'abîme. Mais cette branche, elle est là, dans la direction de mon corps. Si elle y était avant ma prière, j'ai prié en vain;

(1) Oraison funèbre de la reine d'Angleterre.

si elle n'y était pas, et que Dieu l'y mette, ce miracle n'est pas moins étonnant que de suspendre les lois de la pesanteur. Ainsi ma prière, si elle est sérieuse, est la demande formelle d'un miracle. C'est qu'au fond elle n'est que l'instinct irréfléchi d'un être faible qui se sent périr, et qui invoque le Dieu dont il tient la vie. Si nous savions toujours ce que nous faisons quand nous prions, nous ne demanderions pas si facilement des miracles; et nous ne les demanderions pas pour obtenir un jour de plus à passer loin de Dieu sur cette terre (1). »

Le trait final est « d'une âme religieuse »; le reste n'est, au fond, que l'argument ordinaire de toutes les âmes irréligieuses. Voici cet argument dans toute sa force : Les phénomènes matériels sont à chaque instant nécessités par les états antérieurs du monde. Demander à Dieu de les régler d'après nos désirs, c'est faire une œuvre inutile ou présomptueuse : inutile, parce que l'évènement, s'il fait partie de la série prédestinée, arrivera sans que nous le demandions; présomptueuse, parce que, dans le cas contraire, nous demandons en réalité une suspension du cours naturel des choses, un miracle.

La réponse est facile d'après ce qui a été dit du plan providentiel. La série des évènements, et l'état initial dont elle dépend, ont été choisis en vue des actes libres et, entre autres, des prières que nous devions adresser à Dieu; ce qui fait que tout en dérivant, par les lois naturelles, de l'état initial du monde, tout en restant de purs évènements naturels, les bienfaits temporels que Dieu nous accorde peuvent très bien avoir pour cause déterminante la demande que nous lui en faisons. Sans notre demande, un autre état initial aurait, de par les mêmes lois, amené un résultat tout différent. Nos prières ne sont donc pas inutiles, puisqu'elles peuvent être la cause qui, dans la prescience divine, détermine l'évènement; elles ne sont pas présomptueuses, puisqu'elles ne de-

(1) *La Religion naturelle*, quatrième partie, chap. I.

mandent aucune dérogation au cours de la nature. La prière, si nous en croyons l'instinct religieux de l'humanité, doit être une chose des plus ordinaires. Il serait absurde qu'elle ne pût avoir d'influence que pour obtenir une chose nécessairement extraordinaire, le miracle.

Quant au miracle lui-même, il entre comme tous nos actes libres dans le plan de la Providence. Ce n'est pas une dérogation postérieure à l'ordre précédemment établi, une correction qui témoigne d'une imperfection dans le plan. C'est une suspension prévue dans la série naturelle, voulue d'avance comme dérogation à l'ordre établi, et destinée comme telle à attester aux hommes la volonté divine.

Nous ne pouvons pas, dans les circonstances ordinaires, demander à Dieu qu'il porte ce témoignage; de même que, suivant le décalogue, nous ne pouvons pas « prendre en vain le nom du Seigneur. » C'est une présomption, en règle générale, de demander un miracle. Aussi quand nous savons que l'ordre naturel doit amener tel phénomène, quand nous savons que tel autre est exclu de la série par les phénomènes antérieurs, nous devons simplement nous soumettre à la volonté de Dieu suffisamment manifestée. Mais dans l'ignorance où nous sommes le plus souvent de ce que l'avenir nous réserve, les prières que nous adressons à Dieu pour obtenir, par exemple, la cessation d'un fléau, une guérison, des circonstances favorables à notre industrie, à notre agriculture, à toutes nos entreprises légitimes, sont parfaitement rationnelles et méritoires. Il n'y a que les esprits légers ou les cœurs irréligieux qui puissent, en les condamnant, condamner la pratique universelle et constante de l'humanité.

I. Carbonnelle, S. J.

(La suite prochainement).

BIBLIOGRAPHIE.

I.

Leçons sur la PHILOSOPHIE CHIMIQUE *professées au Collége de France en 1836*, par M. DUMAS, recueillies par M. BINEAU; deuxième édition. — Paris, Gauthier-Villars, 1878. In-8°.

Les leçons, cours ou conférences scientifiques d'un savant et d'un orateur comme M. Dumas sont de ceux qui ont chance de devenir classiques. Les recueillir, les imprimer est donc une œuvre utile à la science et à la littérature elle-même, car faible est le nombre des vrais savants qui sont en même temps de vrais lettrés.

Dès 1836 M. Bineau avait publié, aprés révision et approbation du maître, les leçons dites de philosophie chimique que M. Dumas avait professées au Collége de France, d'avril à juin de cette année. Mais rapidement enlevée, cette publication était épuisée depuis longtemps déjà; ses exemplaires, jalousement cachés dans les bibliothèques particulières, étaient perdus pour le public. Il y avait donc intérêt et profit pour lui à ce qu'une nouvelle édition de ces leçons vît le jour.

Un autre motif rendait la chose opportune. A l'année 1836 ne se sont pas bornés les cours de l'éminent membre de l'Institut sur le même sujet. Il les a continués pendant trente années de sa vie de savant, tant à l'École polytechnique et à la Sorbonne qu'à la Faculté de médecine de Paris et à l'École centrale des arts et manufactures; il a fait aussi diverses communications à l'Institut, publiées en leur temps dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. Toutes ces leçons et conférences ont été soigneusement recueillies par les élèves de l'illustre savant, et leur

publication, enrichie des Notes communiquées à l'Institut, est actuellement sous presse. Il était donc de toute convenance de reproduire d'abord les *Leçons* de 1836 qui formeront, avec les suivantes, un tout homogène et complet.

D'ailleurs trente années ne comptent pas pour peu de chose dans les étapes d'une science aussi jeune encore qu'est la chimie en tant que doctrine méthodique et raisonnée, et il ne sera pas d'un minime intérêt de pouvoir comparer les vues du même savant aux diverses époques de sa longue carrière scientifique.

I. Nous n'avons à nous occuper, dans le présent numéro, que des Leçons de 1836. Disons tout d'abord, et d'ailleurs sous toute réserve d'appréciations plus autorisées que la nôtre, que le titre de ces Leçons ne nous paraît pas répondre exactement à leur objet. Du moins le nom de *philosophie* appliqué à une science répond-il pour nous à un ordre d'idées différent de celui dont s'est inspiré l'illustre professeur.

Considérée d'une manière générale, qu'est-ce que la philosophie, sinon la science des idées? Idées nécessaires qui emportent la notion d'un Être lui-même nécessaire et partant infini, idées contingentes se rapportant à l'homme et aux phénomènes tant internes qu'extérieurs qu'il lui est donné d'observer et de constater. A cette science générale se rattachent donc,par leurs plus hauts sommets,toutes les branches des connaissances humaines; et la philosophie de telle science considérée isolément, ne consiste-t-elle pas dans l'étude des rapports entre les idées particulières qui se dégagent des faits sur lesquels elle repose et les idées plus générales dont la connaissance forme le fonds même de la philosophie proprement dite?

Qu'est-ce que la chimie, sinon la science de la composition des corps et des actions que, mis en contact, ils exercent ou peuvent exercer les uns sur les autres? Et à quoi tend une telle science, si ce n'est à pénétrer, par les recherches de l'analyse, le secret de la constitution intime de la matière? D'après ces données, la philosophie de la chimie ne résiderait-elle pas dans l'étude des rapports existant entre les idées particulières d'équivalent, de molécule, d'atome, de volume, de poids spécifique, de cohésion, d'affinité, etc., avec les idées générales de substance, de cause et d'effet, de consécution, de modalité? La loi des réactions chimiques, autrement dit des transformations des corps, ne découle-t-elle pas de la loi même de leur formation, c'est-à-dire de la création de la matière? Et le couronnement de la science de la composition des corps, quand les progrès de l'analyse auront permis de classer et de grouper dans une vaste synthèse tous les éléments mis à jour par elle, ne sera-t-il pas de découvrir la loi dont il a plu au Créateur de se servir pour former, avec la matière élémentaire, impalpable et invisible tirée par Lui des abîmes du néant, tous les corps de la nature?

Peut-être est-il exact de dire que la chimie n'est pas encore arrivée à un degré suffisant de développement pour que sa philosophie puisse, dès à présent, s'élever aussi haut. Mais alors le rôle de cette philosophie serait encore assez beau, ce semble, qui consisterait à déterminer ration-

nellement la place que doit occuper hiérarchiquement la science chimique dans la république des lettres (1), son rôle, ses attributions, sa fin, son influence dans la marche générale de l'esprit humain. Cette étude comparée serait encore du domaine de la philosophie.

Ce n'est ni l'un ni l'autre de ces aspects qu'envisage M. Dumas dans ses *Leçons* dites de *philosophie chimique*. Un lumineux aperçu historique de ce qu'a été la chimie, pratiquement sinon scientifiquement, dans l'antiquité, au moyen âge et dans les temps modernes; un exposé brillant de la révolution féconde opérée dans la science par Lavoisier; enfin une discussion savante, très élevée assurément, des divers systèmes soutenus par les savants, prédécesseurs et contemporains de Lavoisier ou venus après lui, telle est la substance de ces *Leçons*. C'est là de l'histoire et de la critique portées aux plus hautes régions que critique et histoire d'une science puissent atteindre; ce n'est généralement pas, à nos yeux du moins, de la philosophie véritable.

II. Ces réserves faites, lesquelles s'appliquent exclusivement au titre, il reste à entrer dans le vif du sujet pour donner une idée aussi exacte que possible des hautes considérations sur la chimie présentées par le secrétaire perpétuel actuel de l'Académie des sciences.

Ici notre rôle est plus simple et plus facile. Quand on a l'honneur de tenir la plume à l'occasion des doctrines écrites ou parlées d'un savant et d'un lettré de la valeur et de la situation de M. Dumas, on peut se borner à une analyse fidèle sans se soucier beaucoup de la critique.

Les *Leçons* qu'il s'agit d'analyser sont au nombre de onze, la première en date du 16 avril et la dernière du 25 juin. Pour la commodité de l'analyse, nous les partagerons en trois groupes : le premier, composé des leçons I et II et comprenant toute l'histoire de la chimie jusqu'à l'époque de sa renaissance par le génie des Scheele, des Priestley et des Lavoisier; le second, qui nous initiera dans les leçons III à V aux travaux de ces trois pères de la science et des savants contemporains, Wenzel, Richter, Proust, pour nous conduire jusqu'à la célèbre et féconde théorie des équivalents de Dalton; le troisième enfin, composé des six dernières leçons et consacré à l'exposé et à la discussion critique des découvertes et des progrès réalisés depuis l'époque de Lavoisier jusqu'à celle où professait l'auteur.

III. Quelles sont les origines de la chimie?

S'il s'agit de la chimie proprement dite et considérée comme science ou tout au moins comme observation systématique de certains faits en vue d'en tirer des inductions et de construire des théories, ces origines ne sont pas difficiles à indiquer : c'est dans les travaux des alchimistes qu'il les faut chercher. Mais l'esprit humain n'a pu attendre si longtemps pour s'occuper des applications pratiques et industrielles de la chimie. En esquissant à grands traits le tableau des civilisations hébraïque,

(1) Nous prenons ici le mot *lettres* dans son sens le plus général qui comprend les sciences physiques, exactes et naturelles, les connaissances métaphysiques, morales, etc., aussi bien que les lettres proprement dites.

égyptienne, grecque et romaine, l'auteur n'a pas de peine à montrer combien des recherches empiriques mais patientes, une routine habile, souvent servie par d'heureux hasards, avaient donné aux peuples de l'antiquité de résultats dans toutes les industries qui ont pour base scientifique la chimie. Sur cette base inconnue, non même soupçonnée, des monuments importants au point de vue de la pratique avaient été édifiés.

Les premiers bégaiements de la science digne de ce nom ne remontent pas plus haut qu'à notre huitième siècle, et c'est dans les ouvrages de l'Arabe Geber qu'on les trouve. On peut le considérer comme le père de l'alchimie. Rapportés en Occident par suite du mouvement produit par les croisades, ses écrits, comme ceux des Avicenne, des Mesué, des Averroës, alchimistes éclos sous son influence, pénétrèrent vers le XIIIe siècle en Europe où cette pseudo-science trouve dans Roger Bacon, dans Albert-le-Grand, Arnauld de Villeneuve, Raymond Lulle et jusqu'à Paracelse, de brillants adeptes ou de fervents apôtres. Avec Roger Bacon, l'inventeur de la poudre à tirer, la méthode d'expérimentation et d'observation est mise en honneur. Le philosophe Albert-le-Grand discute, critique, élucide les opinions des Arabes et imprime à l'industrie des mines et des exploitations métallurgiques une impulsion heureuse. Célèbre par sa science en médecine et en pharmacologie, qu'il professe avec éclat à Montpellier, Arnauld de Villeneuve fait faire de nouveaux progrès à la chimie en répandant au loin les connaissances qu'il possède. Plus encore que lui, son élève, Raymond Lulle, occupe une place considérable dans les fastes de l'alchimie, et, cherchant la pierre philosophale par la voie humide et la distillation, appelle et fixe l'attention sur les produits volatils de la décomposition des corps. Au XVIe siècle, Paracelse lève le premier l'étendard contre les fameux *quatre éléments* d'Aristote, et inaugure la séparation entre la vaine alchimie et la chimie véritable dans laquelle, par la recherche opiniâtre de la fabrication des faïences, brille le génie du célèbre Bernard Palissy.

Laissant de côté Nicolas Le Fevre et son *esprit universel*, précurseur de notre oxygène ; Nicolas Lémery, le chimiste méthodique et sagace ; Homberg, qui dévoile les secrets de la science dans les recueils académiques ; enfin Becher, le judicieux observateur et l'adversaire heureux du péripatétisme en matière de chimie, — occupons-nous en quelques mots du précurseur des pères de la chimie moderne, occupons-nous de Stahl, l'inventeur de la fameuse théorie du phlogistique. S'il était besoin de démontrer qu'une théorie fausse en elle-même peut cependant contribuer à la marche de la science et être un acheminement vers la vérité, on n'aurait qu'à invoquer le phlogistique de Stahl. Cette théorie est exactement le contre-pied de la vérité : les oxydes (1) sont des corps simples ; les métaux, le carbone et tous les combustibles sont des oxydes combinés avec une substance d'une nature particulière appelée *phlogis-*

(1) Nous employons l'expression aujourd'hui admise.

tique; un morceau de fer qui se rouille, un charbon qui brûle sont en train de se *déphlogistiquer* (1).

On voit qu'il suffit de renverser les termes de cette curieuse théorie et d'y remplacer ensuite le mot *phlogistique* par le mot *oxygène* pour arriver à la théorie véritable. Ce sera l'œuvre de Lavoisier. Mais Lavoisier, on peut le dire, est préparé par Stahl qui apporte dans les procédés scientifiques une précision jusqu'alors inconnue et qui a définitivement détrôné dans les esprits la vieille théorie des quatre éléments d'Aristote si longtemps funeste au progrès des sciences.

IV. L'Anglais Priestley, le Suédois Scheele et le Français Lavoisier, pour les nommer dans l'ordre de leurs mérites respectifs, peuvent être considérés, nous l'avons dit, en matière de chimie, comme les pères de la science ; et si la gloire des deux premiers n'eût été éclipsée et comme anéantie par celle du troisième, elle brillerait, celle du second surtout, d'un vif éclat.

C'est vers le dernier tiers du siècle précédent que commencèrent à luire simultanément ces trois astres scientifiques. Le phlogistique dont il vient d'être parlé était alors chose universellement admise. On ne connaissait que deux gaz : l'*air fixe*, c'était l'acide carbonique, et l'*air inflammable*, notre hydrogène. Un peu par hasard, et beaucoup par suite des tendances et de la forme de son esprit, le pasteur Priestley, en étudiant ces deux gaz, découvre d'abord l'azote, puis le bioxyde d'azote avec ses propriétés anti-septiques; il obtient à l'état gazeux l'*esprit de sel* (acide chlorhydrique) et l'*alcali volatil* (ammoniaque), puis le protoxyde d'azote, puis l'acide sulfureux. De l'oxyde de mercure il tire l'oxygène; l'oxyde de carbone et auparavant le gaz fluosilicique se manifestent scientifiquement pour la première fois sous ses mains, tant il possède l'art de saisir les gaz partout où ils se produisent. Le premier aussi il a su faire ce que nul autre avant lui n'avait su : mettre un gaz quelconque, malgré son état de fluide élastique, en rapport avec toutes les autres substances.

Scheele a fait connaître principalement des acides minéraux et organiques, il a constaté l'existence de nombreux corps simples jusqu'alors inconnus, et dans des conditions d'autant plus méritoires qu'il ne disposait presque d'aucun outillage et suppléait à tout par sa patience et son génie. Les acides tartrique, fluosilicique, arsénique, lactique, mucique, du manganèse, du molybdène, du tungstène, et particulièrement l'acide prussique, sont dus à l'espèce d'intuition qui dirigeait Scheele dans ses manipulations et ses expériences. Parmi les corps simples le chlore est de ceux dont la découverte lui est due; en même temps que Priestley, il

(1) Si l'on objectait que le corps déphlogistiqué pèse plus, à volume égal, qu'avant sa déphlogistication, on répondait que le phlogistique pèse en sens inverse des autres corps, qu'il a un poids *négatif*, et que, par conséquent en s'ajoutant à un corps, il le rend plus léger ; ou bien, avec Guyton de Morveau, qu'il est plus léger que l'air et que le corps non déphlogistiqué n'est plus léger qu'en apparence.

reconnaissait l'existence de l'oxygène : ses travaux sur le fluorure de calcium et l'acide fluosilicique d'une part, de l'autre sur la baryte, ont amené la découverte du fluor et du barium; comme en obtenant les acides molybdique et tungstique, il annonçait le tungstène et le molybdène qu'on a isolés depuis. Ses innombrables mémoires sont des chefs-d'œuvre au point de vue de la pénétration, de la souplesse d'esprit, de la fécondité de méthode, de la sûreté d'observation, et l'on pourrait dire d'une sorte d'infaillibilité dans le domaine des faits.

Malgré de si importantes découvertes et de si magnifiques travaux, il n'a pas été donné à Scheele de renouveler la face de la science. L'esprit mathématique lui manquait : dès qu'il veut généraliser, son imagination l'emporte et l'entraîne à des écarts aussi peu féconds que peu scientifiques. C'est à Lavoisier qu'était réservée la gloire, en détrônant le phlogistique et en introduisant la balance dans les analyses, d'asseoir la chimie sur ses véritables bases et d'inaugurer l'ère des progrès incomparables que cette science a faits depuis la fin du siècle dernier.

Par une pensée qui, pour l'époque, était une intuition de génie, Lavoisier part de ce principe aujourd'hui élémentaire que, dans la nature, rien ne se perd, rien ne se crée, et que, par suite, en chimie, des déplacements de matière, des unions et séparations de corps résument d'une manière absolue tous les phénomènes. Il faut donc, par dessus tout, connaître et comparer les poids des matières soumises aux réactions et à l'analyse, les produits ne devant peser ni plus ni moins que les éléments employés à leur formation. Sur cette base, Lavoisier expérimente, raisonne, établit ses résultats sans plus se préoccuper du phlogistique que s'il n'en eût jamais été question; et lorsqu'il a amassé des faits en nombre suffisant, lorsqu'il a prouvé d'une manière surabondante que les corps, en brûlant ou s'oxydant d'une manière quelconque, augmentent de poids en absorbant quelque chose de l'air, il saisit au corps la théorie du phlogistique et d'un seul coup la renverse à tout jamais.

En même temps que Priestley ou après lui, il obtient le gaz oxygène, en détermine les propriétés comburantes, respiratoires et acidifiantes; étudie la respiration des animaux et la combustion des différents corps, y constate la formation de l'acide carbonique dont il étudie et fixe la nature exacte avec tant de précision qu'on n'a rien pu changer depuis à la théorie de ce gaz. Enfin, après de longues années de recherches patientes et approfondies, il couronne l'édifice de ses travaux par la décomposition et recomposition de l'eau et jette ainsi une vive lumière sur tous les phénomènes de respiration, de combustion, etc., qu'accompagne une formation d'eau dont il n'avait pu se rendre compte encore. Nous passerons sous silence, comme nous l'avons fait pour les autres chimistes, les détails de la vie et de la mort si navrante de Lavoisier, ainsi que l'indication des écrits qu'il a laissés, et sans nous attarder à l'essai de classification des sels dû au chimiste normand Rouelle, nous examinerons rapidement les continuateurs du savant que la révolution moissonna dans la pleine floraison de sa gloire et de son génie.

Wenzel, de Dresde, étendit aux réactions des sels les applications de

l'axiome sur lequel Lavoisier avait fondé tout l'enchaînement de ses fécondes découvertes, à savoir que rien ne se perd, rien se crée; il inaugura les analyses par voie humide, et reconnut les premières lois de la statique chimique. Richter le suivit dans cette voie; il consacra de longues années à la détermination des équivalences des bases et des acides, et quoiqu'il se soit trompé dans leur application, il n'en a pas moins, en établissant la loi de permanence de la neutralité dans les précipitations des métaux de leurs dissolutions salines, fourni une nouvelle base à la doctrine des équivalents chimiques.

Toutefois de si importants résultats passèrent d'abord inaperçus. Berthollet, par suite de la confusion entre l'affinité et la capacité de saturation, crut et soutint longtemps que les combinaisons chimiques pouvaient se faire d'une manière indéterminée et dans toutes les proportions : il fallut une longue et brillante controverse entre ce savant et Proust, un élève de Rouelle, pour convaincre Berthollet d'erreur sur ce point fondamental, et établir d'une manière définitive que les corps ne se combinent que dans des proportions déterminées, « à la balance d'une sagesse éternelle, » sans qu'il se passe, dans leurs réactions, rien d'arbitraire, rien qui ne soit rigoureusement réglé et prévu.

C'est sur un terrain ainsi préparé que s'est appuyé Dalton pour établir la loi dite des proportions multiples qui, jointe aux observations de Wenzel sur la double décomposition des sels et à celles de Richter sur les précipitations métalliques, a pu servir de base pour la formation des tables d'équivalents chimiques, et permettre d'exprimer exactement par des nombres proportionnels ou équivalents toutes les combinaisons que constate ou réalise la chimie.

V. Nous voici arrivés à la sixième des leçons de M. Dumas et, avec elle, à la troisième des grandes divisions dans lesquelles nous les avons groupées. Elle débute par un exposé accompagné d'une discussion très élevée de la théorie des atomes telle qu'on la comprenait en 1836, théorie dans laquelle Dalton avait cherché à relier par une idée générale et simple les résultats acquis jusqu'à lui. L'orateur cherche à faire voir que cette théorie n'est point d'ailleurs nécessaire, que peu importe que les atomes soient *insécables* ou que la matière puisse se subdiviser à l'infini, ce qu'il ne croit pas (démonstration tirée de la limitation de l'atmosphère terrestre), les lois et phénomènes observés n'en ont pas moins une explication rationnelle et suffisante. Voulant ensuite montrer comment l'idée des atomes s'est introduite dans la science, le professeur fait une rapide excursion dans ce qu'il appelle « la philosophie pure, » en réalité dans les doctrines plus ou moins philosophiques des écoles d'Elée et de Leucippe, de Démocrite, d'Epicure et de Lucrèce, pour reprendre ensuite la filiation de la théorie des atomes chez Descartes, Gassendi, Wolf et Swedenborg, et conclure que les atomes n'étant pas, en réalité, établis par la raison pure plus que par l'expérience des chimistes, leur théorie pèche par la base et ne peut être que matière à difficultés (1).

(1) Il faut se rappeler ici que nous sommes en 1836 et bien loin encore par conséquent des démonstrations si clairement exposées ici même par le

Il appuie cette conclusion. Après avoir rappelé le beau travail de Humboldt et de Gay-Lussac sur l'analyse de l'air et la loi suivant laquelle ce dernier savant considérait les gaz comme formés d'atomes se combinant en proportions simples et constantes, M. Dumas développe cette conséquence que, les atomes correspondant aux volumes, il faut que, dans la combinaison de deux gaz, chlore et hydrogène par exemple, un volume de l'un et un volume de l'autre donnant lieu à deux volumes d'acide chlorhydrique, les atomes de chacun des deux composants se partagent en deux pour se souder, demi-atome de chlore avec demi-atome d'hydrogène : car, insécables physiquement, les atomes sont chimiquement divisibles. Mais, d'autre part, si, dans les composés résultant de la combinaison des gaz naturels simples entre eux, les atomes correspondent aux volumes, il n'en est plus de même dans les combinaisons de ces gaz avec les vapeurs d'autres corps simples (ammoniaque comparée à l'hydrogène phosphoré et à l'hydrogène arséniqué) ; et l'on est obligé de reconnaître que les gaz, même les gaz simples, ne renferment pas à volume égal le même nombre d'atomes *chimiques*.

Toute cette discussion, dont nous ne donnons que des fragments, semble rouler sur la non-distinction entre l'atome et la molécule (nous sommes en 1836), ce que l'orateur constate implicitement quand il s'écrie : « Que l'on admette, si l'on veut, dans les gaz des groupes *moléculaires* ou des groupes *atomiques* en nombres égaux, à volume égal, on contentera tout le monde ; mais on ne donnera rien d'utile à personne jusqu'à présent. Ce ne sera après tout qu'une hypothèse, et on n'en a déjà que trop fait (1). » Et quelques lignes plus bas : « On doit supposer non-seulement que les atomes physiques des gaz sont des réunions de masses plus petites, distinctes les unes des autres, mais qu'il en est encore de même des atomes chimiques. »

Abordant ensuite la loi de Dulong et Petit consistant à dire que pour échauffer d'un degré un atome de chaque corps simple, il faut une égale quantité de chaleur, M. Dumas, la contrôlant par l'expérience et par la loi, non plus théorique mais bien établie, des capacités calorifiques, constate que, pas plus que les densités des corps simples gazeux, leurs chaleurs spécifiques ne peuvent nous fournir avec sûreté et dans tous les cas leurs atomes chimiques.

Il arrive alors à une troisième méthode pour fixer le poids des atomes dans tous les corps, à la méthode due à Gay-Lussac, Beudant et Mitscherlich, celle des cristallisations isomorphes, et constate que l'application de l'isomorphisme à la recherche des poids d'atomes se fait avec la plus grande facilité, que les atomes ainsi établis satisfont très-bien aux besoins de la chimie. Puis, après avoir développé cette loi et regretté

R. P. Carbonnelle, *Revue des Questions scientifiques*, t. II, p. 256 et sv., et, dans les *Annales de la Société scientifique* (année 1877-78), par M. de Saint-Venant, démonstrations qui reposent au surplus sur un autre ordre d'idées que celui où se plaçait l'illustre professeur au Collége de France.

(1) P. 293.

qu'on se soit trop pressé d'admettre le mot « atome » *à la manière des anciens*, il conclut en ces termes : « Ma conviction, c'est que les équivalents des chimistes, ceux de Wenzel, de Mitscherlich, ce que nous appelons *atomes*, ne sont autre chose que des groupes moléculaires. Si j'en étais le maître, j'effacerais le mot *atome* de la science, persuadé qu'il va plus loin que l'expérience. »

Aussi dans la leçon suivante et VIIIe, en exposant les lois du dimorphisme et du polymorphisme, le professeur emploie-t-il presque exclusivement les mots *molécule* et *particule* : les changements qu'un même corps composé, solide ou liquide, peut éprouver, dans certaines de ses propriétés physiques, coloration, densité, cristallisation, etc., etc., sont dus à des modifications dans la forme et la disposition de ses molécules intégrantes, c'est-à-dire des molécules composées (et non des molécules primitives des corps composants). Mais quand il arrive à exposer un ordre de phénomènes plus fondamental, à parler des corps qui, chimiquement composés des mêmes éléments et dans les mêmes proportions, offrent cependant des caractères chimiques notoirement différents, autrement dit à traiter de l'isomérie, le mot « atome » revient plus d'une fois dans le discours : « Voulez-vous avoir des corps isomères, agissez sur les atomes élémentaires eux-mêmes, et groupez-les diversement, de manière à former des corps dans chacun desquels les molécules composées soient le résultat d'un arrangement différent de ces atomes élémentaires (1). »

VI. Grâce à Lavoisier et au mouvement auquel il avait donné l'impulsion dans les esprits, la science était engagée dans la voie d'un progrès rapide qui n'a pas été entravé depuis. Mais la langue qui lui était affectée était obscure, embarrassée sans lien logique avec les connaissances acquises. On disait : *huile* de vitriol, *beurre* d'antimonie, *crême* de tartre, *foie* de souffre, *sucre* de Saturne. « Les chimistes semblaient avoir emprunté le langage des cuisinières. »

A Guyton de Morveau revient l'honneur d'avoir tenté le premier essai pour réformer un langage aussi obscur et pour donner aux corps composés, au lieu de noms arbitraires et sans lien entre eux, des dénominations propres à en indiquer la nature. Mais Guyton de Morveau en était encore, en 1787, au phlogistique ; et quoique sa répartition des corps en acides, sels et bases fût logique et se soit maintenue, elle contenait de graves erreurs d'application, puisqu'il comprenait les métaux parmi les bases. Venu à Paris et s'étant mis en rapport avec Berthollet, Fourcroy et Lavoisier, il parvint, sous l'influence de ce dernier et à la clarté de ses discussions, à rectifier ses idées erronées ; et du concours de ces quatre savants sortit cette belle nomenclature parlée qui, étant donnée la connaissance des corps simples, permet de reconnaître, au seul énoncé de sa dénomination, la nature et les propriétés principales de chaque corps composé. Ce ne fut pas sans lutte que cette nomenclature si simple, si rationnelle, si conforme aux faits, fût adoptée : Davy, d'abord, et plus

(1) P. 345.

tard Lonchamp en proposèrent d'autres, assises sur des bases différentes et entachées d'hypothèses gratuites dont celle de Lavoisier permettait de se passer. Elles n'ont pas prévalu.

La nomenclature parlée, qui exprime la nature et l'état des corps, n'était pas suffisante : il fallait encore une nomenclature écrite indiquant en même temps les éléments ou corps simples avec leurs modes de réunion et leurs qualités respectives. C'est Berzélius qui, lorsque les équivalents chimiques furent définitivement établis et acceptés, créa la nomenclature symbolique si simple et si commode en usage aujourd'hui, laquelle, par quelques lettres affectées de quelques chiffres, fait connaître pour chaque corps tout ce qui vient d'être énuméré; exemple $PbO\ SO^3$ pour désigner le sulfate de plomb.

La dixième leçon s'occupe de la loi des affinités que Lavoisier avait entrevue, et qu'il eût certainement examinée « plus tard, » si la hache révolutionnaire lui en eût laissé le temps.

C'est à Boerhaave, à Geoffroy (1718), et enfin à Berthollet que la chimie est redevable de la connaissance de cette loi féconde. Boerhaave, de Leyde, considère l'aptitude, la tendance qu'ont à s'unir chimiquement les corps dissemblables, comme une sorte de mariage. Geoffroy publie des tables des corps rangés selon l'ordre de leurs affinités. Plus tard, Berthollet, dans son traité célèbre de *Statique chimique*, pose les bases véritables de la loi de ces phénomènes, mais en poussant ses conséquences plus loin que l'expérience et l'observation des faits n'autorisaient peut-être à le faire.

M. Dumas, en s'appuyant sur ces données acquises, en fait l'application à l'attraction moléculaire qu'il se représente sous trois formes distinctes : la *cohésion*, force par laquelle les corps résistent à la déformation de leur disposition physique : cette force, relativement faible, et sans limite apparente, s'exerce entre particules *similaires*; la force de *dissolution*, qui est l'inverse de la précédente et tend à la détruire : elle s'exerce plutôt sur des particules *analogues;* enfin l'*affinité* véritable par laquelle s'unissent chimiquement ou tendent à s'unir les molécules *très dissemblables* mises en présence : c'est une force très énergique qui ne s'exerce que dans des limites tranchées et donne des produits nettement définis.

Sont-ce là trois forces, ou trois modifications, trois manières d'être différentes d'une même force? M. Dumas incline visiblement pour cette dernière opinion qui est la plus simple et qui semble « fort bien suffire pour expliquer les variations que l'on observe dans les faits, puisque l'attraction moléculaire s'exercerait sur des particules tantôt identiques, tantôt analogues, tantôt dissemblables, » et il laisse à l'expérience ultérieure le soin de déterminer si ces vues, alors probables, doivent être tenues pour certaines par la suite.

Mais en considérant l'attraction chimique comme un simple fait dont on cherche à démêler les conséquences, on n'envisage que la première partie de la question. En étudiant les phénomènes concomitants de l'exercice de cette force, bruit, lumière, chaleur, dégagement d'électricité, etc., ne pourrait-on arriver à démêler la cause de ce fait?

Et pour chercher une réponse à cette question, l'auteur résume les travaux de Laplace, de Lavoisier, de Volta, de Nicholson et de Carlisle sur l'application de l'électricité aux opérations chimiques; il expose les belles théories de Davy et d'Ampère rectifiées par Berzélius ou mieux par lui-même,et reconnaît que le meilleur système électro-chimique n'est après tout qu'une ingénieuse mais tout à fait hypothétique généralisation. Il faudrait exprimer les phénomènes électro-chimiques par des nombres comme, à l'aide de la balance, on a pu le faire pour les phénomènes chimiques proprement dits. Faraday, malgré des difficultés qui semblaient insurmontables, est entré dans cette voie qui reste ouverte et permet d'espérer des résultats de la plus haute importance pour faire la lumière sur la véritable constitution des corps composés.

VII. Telle est, en substance, la *Philosophie chimique*, professée en 1836 au Collége de France, par l'un des chimistes les plus distingués de notre époque. Nous avons, le plus souvent, indiqué plutôt que résumé les faits de l'histoire de la science brillamment exposés, discutés et commentés par l'orateur. N'était le mot de *philosophie* qui revient souvent, trop souvent, croyons-nous, dans le cours de ces onze leçons, sans paraître toujours parfaitement approprié aux choses qu'il exprime; n'était une confiance qui peut sembler excessive dans les effets de certains agents tels que l'oxygène, l'hydrogène, l'acide carbonique et le carbone, qui se montreraient sur la terre « les agents *éternels* de l'organisation, du *sentiment*, de la PENSÉE... les agents éternels de la vie, de l'activité *intellectuelle* et du bonheur MORAL (1); » on pourrait dire que ce traité d'histoire et de critique scientifique de la chimie depuis ses plus anciennes origines jusque vers l'époque où parlait le professeur, atteint à la perfection que comporte un tel genre d'ouvrage. Il est vivement à désirer que la publication des leçons subséquentes de l'illustre savant ne se fasse pas trop attendre : elle est nécessaire pour compléter les premières et permettre d'apprécier la pensée philosophique qui se dégagera sans doute finalement de cet ensemble.

J. D'E.

II.

La RELIGION EN FACE DE LA SCIENCE. *Leçons sur l'accord entre les données de la révélation biblique et les théories scientifiques modernes*, par l'abbé ALEXIS ARDUIN, Professeur, Docteur en théologie. 1re partie : *Cosmogonie*. — Lyon, Vitte et Lutrin. — Paris, Jules Vic. In-8°.

Lorsque, ici-même, en avril, juillet et octobre 1877, l'auteur de ces lignes offrait aux lecteurs de la *Revue des Questions scientifiques* quelques considérations sur la possibilité d'établir une concordance satisfaisante

(1) P. 207, Leçon Ve.

entre les données fournies par l'astronomie et la géologie de nos jours et la cosmogonie de Moïse, il ignorait qu'un travail sur le même sujet, dicté par la même pensée, mais conçu sur un plan beaucoup plus vaste, était alors même en préparation, pour paraître, au moins quant à sa première partie, peu de temps après.

C'est ce travail dont nous voudrions rendre compte. Il ne sera question aujourd'hui que de la première partie, seule parue jusqu'ici : *La cosmogonie*. La seconde : *Géogénie et géologie*, et la troisième : *Anthropologie*, actuellement sous presse ou au tirage, seront analysées dans une prochaine livraison.

Cet ouvrage résulte de *Leçons* adressées par l'auteur à quelques jeunes gens de Lyon et qui n'étaient pas, à l'origine, destinées à être publiées. Il s'ensuit parfois quelques longueurs et, par places, une certaine familiarité d'expression qui nuisent un peu à l'attrait de la lecture. Défauts d'ailleurs secondaires, ils ne se retrouveront pas, sans doute, dans les deux autres parties, et il sera aisé de les faire disparaître à la seconde édition.

Les *Leçons* de la première partie sont au nombre de quinze. Les cinq premières forment comme une introduction générale, un chapitre préliminaire à l'ensemble de l'ouvrage : il y est fait un exposé critique des différents systèmes, athées, matérialistes, panthéistes, dualistes, etc., relatifs à l'origine de la matière ; puis, après les avoir réfutés, l'auteur consacre deux leçons à une sorte de théodicée comprenant l'existence, la nature, les attributs de Dieu, les mystères, leur possibilité rationnelle et leur relation avec la science, au moins quant à celui de la Trinité qui a des rapports directs avec la cosmogonie considérée au point de vue divin.

Ce n'est qu'à la sixième leçon que M. l'abbé Arduin aborde à proprement parler son sujet. Nous ne suivrons point ces leçons pas à pas, cela nous entraînerait à plus de développements qu'il n'est nécessaire ; nous résumerons seulement à grands traits l'enseignement qui s'en dégage.

Après avoir combattu les objections élevées par la soi-disant *libre* pensée contre le principe même de la création, l'écrivain développe, sur la nature du temps et sur celle de l'éternité, des considérations qui peuvent assurément ne pas rallier toutes les opinions sur des thèses aussi délicates et aussi ardues, mais qui n'en sont pas moins curieuses et fort élevées. Pour l'auteur, le temps n'a pas pris naissance avec la création des premiers êtres purement spirituels, ni même avec la création primordiale de la matière, mais seulement avec la première impulsion imprimée par le Créateur à la matière chaotique ou atomique. Il admet avec Balmès que, « attribuer aux idées d'espace et de temps quelque chose de réel en dehors du monde corporel, et antérieurement à l'existence du monde créé, est une imagination vaine (1). » Peut-être y aurait-il à cet égard quelque réserve à faire, au moins en ce qui con-

(1) Balmès. *Philosophie fondamentale*, t. III, p. 36. Cité par l'auteur.

cerne une certaine succession des connaissances et par suite, un certain temps, pour les esprits purs. Mais ce point de détail n'a qu'un rapport éloigné avec le sujet.

Ce qui en aurait un plus immédiat et plus direct, c'est la théorie des atomes pour laquelle M. l'abbé Arduin nous semble en dehors de la plus grande somme de probabilité. Il en est encore, en 1877, aux atomes considérés comme des particules insécables, sans étendue *appréciable*, mais ayant cependant une étendue *réelle* « qu'on est forcé de reconnaître pour expliquer les phénomènes naturels (1). » L'idée de l'atome considéré comme un point mathématique doué de masse et de forces dont il est le siége et le point d'application, cette idée ne paraît pas même soupçonnée par l'écrivain. Il explique la production des odeurs par la théorie de l'émission, et s'en sert comme exemple de l'extrême divisibilité des corps.

Ce côté faible de l'exposé ne diminue en rien, toutefois, le mérite et l'originalité des interprétations qu'il donne des premiers versets de la Genèse.

Par le *cœlum et terram* du premier de tous, il entend simplement le germe de la matière au sein de laquelle devaient se former peu à peu le monde sidéral (cœlum) et le globe terrestre (terram). Par l'*In principio* il entend que le Créateur, avant tous les temps et dans son Verbe (*Principium, le Principe*, s'applique aussi au Verbe de Dieu), appela, du néant à l'existence, le pondérable et l'impondérable. Ceux-ci étaient d'abord disséminés, atome par atome, dans un état de rareté inexprimable, sans forme aucune, sans limites assignables (*terra inanis et vacua*). Les ténèbres couvrant la face de cet abîme sont, pour M. l'abbé Arduin, « une immobilité silencieuse régnant dans l'immensité invisible, » et les *eaux* sur lesquelles planait l'Esprit divin, c'est cette matière fluidiforme et extrêmement raréfiée : le terme de *fluide* n'existant pas et n'ayant pas d'équivalent dans la langue des Hébreux, Moïse avait dû se servir du mot exprimant l'idée la plus voisine de celle qu'il voulait rendre. Enfin le *ferebatur* ou *motabat super aquas* est interprété de cette façon : « Un puissant mais imperceptible frémissement ébranlait la matière primordiale sous l'action fécondante de l'Esprit de Dieu. »

L'application, à cette masse cosmique frémissante, de la force et du mouvement dans des directions déterminées, voilà le *Fiat lux* et l'origine virtuelle du temps. Aussitôt s'exercent sur les atomes les lois de la dynamique, et les germes des futures nébuleuses prennent naissance et se développent conformément à la théorie de Laplace. La séparation de la lumière et des ténèbres,mentionnée au quatrième verset,c'est la séparation non pas de la nébuleuse partielle génératrice du globe terrestre d'avec la nébuleuse principale, germe de notre futur soleil et devenant d'abord soleil elle-même, comme nous en avons, dans notre travail précité, exprimé la pensée, mais bien le moment où cette nébuleuse principale elle-même se sépare et s'éloigne pour la première fois de la grande masse nébulaire et, par suite, s'en distingue et s'individualise.

(1) P. 199 *ad not.*

Quant aux versets 6, 7 et 8, relatifs à la création du firmament ou de l'étendue et à la séparation des eaux d'avec les eaux, M. l'abbé Arduin en donne une explication tout à fait neuve et qui n'avait pas encore été, que nous sachions, exposée avant lui. A ses yeux ce n'est point par la formation de l'atmosphère autour de notre globe pendant la période azoïque et par la précipitation des vapeurs atmosphériques pour former l'océan, que doit s'expliquer le *fecit firmamentum* et le *divisit aquas*. Son explication, il le faut reconnaître, est incomparablement plus large. Pour lui, la formation d'un firmament ou *espace* au milieu des eaux et séparant les eaux d'avec les eaux, correspondrait à ce moment de la durée où la sous-nébuleuse partielle destinée à former, par sa condensation progressive, notre petit système terrestri-lunaire, s'est détachée en anneau concentrique de la nébuleuse centrale destinée à devenir un jour le Soleil. Bien que déjà lumineuses à la manière de certaines comètes qui luisent de leur clarté propre, les nébuleuses du futur groupe planéto-solaire n'avaient pas encore quitté l'état fluidiforme ; elles répondaient donc toujours à cet état que Moïse, à défaut d'une expression équivalente à celle de notre mot *fluide*, avait une première fois déjà, exprimé par le mot *eaux*. Le firmament ou l'étendue, dans ce système, c'est l'espace qui sépare la nébuleuse solaire de la nébuleuse terrestre ; et les « eaux séparées d'avec les eaux, » doivent s'entendre des fluides composant l'une des deux nébuleuses séparés d'avec les fluides semblables dont était formée l'autre nébuleuse.

Étant donnée l'interprétation du mot *eaux* dans le sens de fluide cosmique, au *ferebatur super aquas* du verset 2, interprétation que nous avons adoptée nous-même dans notre travail précité, on ne peut méconnaître que son extension au *divisit aquas* du verset septième, ne soit la plus rationnelle et la plus logique. Toutes deux, au surplus, pourraient être ensemble acceptées si l'on admet que fréquemment une même parole, un même récit, une même prédiction des Saintes Écritures, se vérifie plusieurs fois en des circonstances différentes.

Mais dans le système de M. l'abbé Arduin, que deviendront le *congregentur aquæ in locum unum* et l'*appareat arida?*

Pour nous le rassemblement des eaux en un lieu unique sous le nom de « mers » commencerait avec les soulèvements des périodes cambrienne et silurienne des géologues dont le développement, en produisant les premières émersions au-dessus du niveau de l'hydrosphère, aurait fait paraître l'*aride* ou le *sec*.

Le volume dont nous venons de donner une succinte analyse s'arrête au verset huitième, c'est-à-dire avec la fin du second jour et ne fait pas connaître, conséquemment, de quelle manière l'auteur explique le *congregentur aquæ* et l'*appareat arida*. Il est vraisemblable que, pour lui, ces deux commandements divins correspondent à la première solidification de l'écorce terrestre : le rassemblement des *eaux* dans un lieu unique serait l'emprisonnement du liquide igné sous la croûte superficielle résultant du refroidissement, croûte de granites et de porphyres à l'état de feu solidifié et méritant, à la lettre, la qualification d'*aride* ou de *sec*.

Mais ici commence le domaine de la géogénie, laquelle doit faire, avec la géologie proprement dite, l'objet du second des trois volumes annoncés et très prochainement attendus.

On s'est borné, dans l'analyse qui précède, à suivre seulement la stricte interprétation des huit premiers versets de la Genèse; mais à celà ne se borne pas le travail de l'écrivain. De nombreuses digressions, ou plutôt des dissertations, (car *digressions* supposerait des questions étrangères au sujet principal) sur les questions philosophiques ou théologiques rencontrées en chemin, accroissent notablement l'intérêt de ces *leçons* : à tous les esprits honnêtes et sincères elles plairont et seront profitables, fussent-ils troublés — et surtout en ce cas — par les préjugés, les objections et les paralogismes que, sous le nom menteur de libre pensée, l'impiété accumule sans cesse à toutes les issues de l'esprit et de la raison.

Nous ne relèverons que pour mémoire quelques erreurs matérielles, en petit nombre d'ailleurs, qui témoignent de trop de négligence peut-être dans la surveillance d'un copiste, ou de hâte dans la correction des épreuves avant la publication du volume.

J. D'E.

III.

Les Harmonies du son *et l'histoire des instruments de musique*, par J. Rambosson, *lauréat de l'Institut de France, officier de l'instruction publique*. — Paris, Firmin-Didot, 1878, grand in-8°. (200 gravures et 5 lithochromies).

Il est des moments où la science, dans certaines de ses applications, marche ou plutôt vole avec une telle rapidité qu'on a peine à la suivre, et les écrivains qui ont pris à tâche de nous initier à ses manifestations ne peuvent suffire à la carrière tracée devant eux. C'est ainsi qu'un luxueux compendium de tout ce qui se rattache à l'acoustique physique et musicale, publié en fin décembre dernier, est déjà distancé de bien loin, au moins en ce qui concerne les applications de l'électricité à la transmission du son.

Dans les *Harmonies du son* un simple paragraphe de quatre à cinq pages est consacré au téléphone de M. Bell donné comme le dernier pas de la science. Encore l'auteur se croit-il obligé d'affirmer la réalité de cette découverte : « Aujourd'hui le fait, écrit-il, *ne semble plus* de nature à être mis en doute. » C'est à peine s'il se considère comme bien assuré lui-même de la chose. — Cependant le livre dont nous parlons était à peine publié que l'invention de Graham Bell s'affirmait par de nouveaux progrès et par les applications les plus imprévues, parmi lesquelles le microphone de M. Hughes et le phonographe de M. Edison, que notre auteur ne pouvait soupçonner en 1877, ne sont certes pas les moins surprenantes.

Au reste, la téléphonie, avec tout ce qui s'y rattache, semble en voie

de devenir une branche tellement importante de l'acoustique qu'elle ne tardera pas à demander des traités spéciaux et distincts de ceux d'acoustique générale.

I. Occupons-nous donc de celui de M Rambosson tel qu'il est. C'est un ouvrage de vulgarisation, mais que précède une *Première partie* consacrée à retracer les origines de la musique, à expliquer ses diverses influences au point de vue de l'hygiène, de la médecine, de la nostalgie, de la morale, à faire connaître ce que c'est que l'*expression* en matière musicale. Cette première partie est, comme on le voit, une sorte de petite *philosophie* de la musique dans le sens restreint et secondaire que les physiciens attachent quelquefois à ce mot. Elle eût fait préférablement le sujet d'une publication spéciale et eût évité à l'auteur des critiques parfois fondées et basées généralement sur l'oubli du célèbre aphorisme : « Le moi est haïssable. »

Citons-en un exemple entre plusieurs : « La musique *m*'impressionne à ce point que *j*'écouterais pendant tout un jour un air expressif sur l'instrument même le plus vulgaire, parce qu'aussitôt que les ondes mélodiques ont frappé *mon* oreille, ce n'est plus l'instrument que *j*'entends, *mon* âme idéalise instantanément, et c'est un chant céleste qui *m*'envahit; comme une puissance invincible il vient verser l'extase dans *mon* âme et en prendre possession. » Il y en a une page et demie sur ce ton dès après le titre et en tête du *mot au lecteur* qui précède la page 1; et le lecteur se trouve tout d'abord, il le faut reconnaître, peu favorablement impressionné. Que l'auteur, au lieu de mettre sa personne en avant, se fût plus modestement effacé et eût dit, par exemple : « La musique impressionne à ce point *certaines organisations*, qu'*on* écouterait parfois pendant tout un jour un air expressif sur l'instrument même le plus vulgaire, parce qu'aussitôt que les ondes mélodiques ont frappé *l*'oreille, ce n'est plus l'instrument que l'*on* entend, *l*'âme idéalise instantanément, et c'est un chant céleste qui *vous* envahit, etc.; » il eût exprimé la même pensée, et parmi les lecteurs doués du sentiment musical chacun eût été charmé de se reconnaître.

Nous reprocherons encore à l'auteur de n'avoir pas apporté une critique suffisante dans le choix des faits et anecdotes qu'il cite comme exemples. Ainsi il rapporte tout au long, comme une chose acquise, la légende apocryphe que Lamartine a publiée sur le premier et dramatique récit de la *Marseillaise*, par Rouget de l'Isle, accompagné au piano par une demoiselle Dietrich; or ce qui est acquis, au contraire, c'est que toute cette légende, popularisée par le tableau de Pils, est d'un bout à l'autre une fable.

Ces critiques n'enlèvent pas au livre de M. Rambosson, surtout à ses seconde et troisième parties, son mérite intrinsèque reconnu du reste par l'Académie des Sciences qui a couronné les *Harmonies du son*.

II. La seconde partie est consacrée à l'*Acoustique* proprement dite, la troisième à l'*Histoire des instruments de musique*, la quatrième et dernière à la description physiologique des organes de la voix et de l'ouïe, sous ce titre : *La voix et l'oreille*.

Dans le premier chapitre de l'*Acoustique* relatif à la production du son, l'auteur fait ressortir d'une manière heureuse les analogies qui existent entre les lois des phénomènes sonores et celles des phénomènes lumineux, depuis l'adoption de la théorie des ondulations également applicable au son, à la lumière, à la chaleur, etc. L'application aux ondes sonores de la loi des interférences lumineuses, obtenue par les appareils de M. Lissajous et de M. Despretz, n'est pas la portion la moins curieuse de ce chapitre.

La propagation des vibrations sonores, sa vitesse, ses variations suivant les milieux, et, dans les milieux aérien et aqueux, suivant la direction et la force des courants, forment la substance du second chapitre dans lequel se trouve compris le paragraphe sur le téléphone dont nous avons parlé en commençant, et que suit l'exposition détaillée de tout ce qui tient physiquement et musicalement aux diverses qualités du son : intensité, loi d'affaiblissement, limites des sons musicaux et perceptibles déterminées suivant les nombres minimum et maximum de vibrations dont l'oreille humaine peut être affectée, pluralité et harmonie des sons de chaque note musicale résultant d'une sorte de sectionnement des vibrations et donnant lieu à cette qualité spéciale qui a reçu le nom de timbre.

Le son ne se propage pas seulement d'une manière directe. Comme la lumière il revient sur lui-même, se *réfléchit* à la rencontre d'un obstacle. De là les échos simples ou multiples que chacun connaît; de là aussi les résonnances confuses dans certaines enceintes, dans certains édifices, résonnances qui ne sont que des échos trop rapidement répercutés pour que la succession puisse en être perçue par notre oreille; de là aussi nécessité pour les architectes de tenir compte dans la construction des édifices publics, églises, parlements, tribunaux, théâtres, etc., des lois de la sonorité, de la transmission et de la répercussion des sons.

C'est par les sons musicaux, par ceux qui résultent de nombres déterminés de vibrations régulières dans l'unité de temps, que la musique tient à la science acoustique. On peut dire que tout ce qui tient à la constitution de la gamme, à la succession des tons et demi-tons, aux intervalles et fractions d'intervalles, aux modes majeur et mineur, au diapason et à ses variations suivant les temps et les pays, est autant du domaine de la science que du domaine de l'art, autant musical qu'acoustique. C'est l'objet du dernier chapitre où l'on trouve aussi de curieuses indications sur les différentes gammes chez les divers peuples, d'où résulterait cette conclusion qu'il n'existe pas de gamme naturelle, mais des gammes de convention suivant les lieux, les races et les temps, la gamme arabe par exemple, se réglant par tiers de ton quand la nôtre se règle par tons et demi-tons.

§ III. Les instruments de musique comprennent tout engin productif de sons musicaux ou susceptibles de s'harmoniser avec les sons musicaux. On les classe en instruments à percussion : cloches, cymbales, timbres, tambours, caisses, timbales, etc.; — instruments à cordes : violon, violoncelle, contrebasse, guitare, harpe, lyre, et tous instruments de même

famille, épinette, clavecin, piano; — enfin instruments à vent parmi lesquels domine de toute sa puissance l'orgue de nos cathédrales, et qui comptent les engins les plus variés en cuivre, en bois, à clefs, à pistons, sans parler de l'orgue de barbarie, de l'harmoniflûte et de l'accordéon.

C'est à la description et à l'histoire de l'infinie variété des instruments musicaux, depuis les temps les plus reculés jusqu'au temps présent, qu'est affectée la troisième partie des *Harmonies du son*. Ensemble de détails curieux, mais beaucoup trop nombreux pour qu'il soit possible d'en donner une analyse sommaire et qui, entremêlé (comme d'ailleurs tout le surplus du volume) de récits et de faits anecdotiques, se rattache plutôt à l'histoire de la lutherie qu'à la science proprement dite.

IV. Il n'en est plus de même de la quatrième partie. Composée de deux chapitres qui sont consacrés l'un à la physiologie, aux modes de fonctionnement de la voix humaine et à la description anatomique des organes vocaux, l'autre au phénomène de l'audition et à la structure des diverses parties de notre oreille, elle est évidemment du domaine des science naturelles. Cette quatrième partie est trop écourtée. Visiblement l'auteur était gêné par les proportions déjà considérables de son livre qui, à la fin de la troisième partie, dépasse déjà 500 pages. Quelle qu'en soit la cause, le sujet ou plutôt les deux sujets de cette quatrième partie sont trop vastes pour pouvoir être traités d'une manière satisfaisante dans une cinquantaine de pages : mieux eût valu supprimer la première et donner à la quatrième des développements suffisants.

V. C'est, avons-nous dit, un livre de vulgarisation, que l'ouvrage de M. Rambosson. Deux écueils sont à éviter dans ces sortes d'écrits : l'un, le plus ordinaire, est de les faire trop savants en perdant de vue surtout l'ignorance des mots techniques qui est le propre des lecteurs auxquels ils s'adressent; l'autre, moins fréquent, est de les faire au contraire trop peu savants, en se bornant à citer les faits scientifiques sans démonstrations suffisantes, et exigeant, par suite, de son public plus d'actes de foi scientifique qu'il n'est nécessaire. C'est ce second écueil que n'a pas toujours su éviter M. Rambosson : rien de plus clair assurément et de plus facile à comprendre dans toutes ses parties, de plus intéressant, par conséquent, que l'ouvrage dont nous venons de parler; mais trop souvent toute démonstration fait défaut, alors qu'il eût été possible d'en donner d'aussi claires et d'aussi aisément intelligibles que l'exposition des phénomènes scientifiques elle-même.

J. D'E.

IV.

Principales publications du Père Secchi (1).

I. *Recueil scientifique de* Palomba.

1. Sugli orologi elettro-magnetici — Tom. II, 1846.
2. Descrizione di un nuovo apparato per trasmettere i segni nei telegrafi elettrici — Tom. III, 1847.

II. *Annali delle scienze matematiche e fisiche compilati da* B. Tortolini. (Roma, 1850-57)

1. Relazione sullo stato attuale della telegrafia elettrica — Tom. I.
2. Ricerche sulla reometria elettrica — id.
3. Lettera sulle stelle cadenti del 10 agosto — id.
4. Articolo sulle nuove apparenze dell' anello di Saturno — Tom. II.
5. Sopra gli elementi di Egeria — id.
6. Nota sulla cometa di Faye — id.
7. Notizia bibliografica sul trattato di navigazione di V. Gallo — id.
8. Lettera al compilatore sulle oscillazioni del pendolo avuto riguardo alla rotazione della terra — id.
9. Lettera al compilatore sull'ecclisse solare del 28 luglio 1851 — id.
10. Nota sopra alcune operazioni fatte nell'Osservatorio del Collegio Romano durante l'ecclisse del 28 luglio 1851 — id.
11. Notizie astronomiche — id.
12. Articolo sull'ecclisse solare del 28 luglio 1851 — id.
13. Nota sul modo di valutare la forza del raggiamento solare — id.
14. Nota sul ritorno della cometa di Enke — Tom. III.
15. Lettera al compilatore relativa alla Nota di A. Serpieri sul calcolo dell'equazione dei periodi meteorologici — id.
16. Articolo sull'intensità del calore nelle varie parti del disco solare — id.
17. Nota sulla reometria elettrica — id.
18. Lettera al compilatore sopra un fenomeno elettrico — id.
19. Nuove ricerche sulla distribuzione del calore alla superficie solare — Tom. IV.
20. Ricerche sulla struttura della penombra delle macchie solari — id.
21. Nota sull'anello di Saturno — id.
22. Guida dei naviganti a lungo corso del prof. V. Gallo — id.
23. Nota sulla maniera di determinare la flessione dei tubi nei grandi strumenti astronomici — Tom. V.

(1) La majeure partie de cette liste a été publiée dans les *Atti della R. Accademia dei Lincei;* Transunti. marzo 1878.

24. Memoria sulle variazioni periodiche dell'ago magnetico—Tom. V e VI.
25. Articolo bibliografico. Il piloto in altura. Opera di G. Giacchetti e la guida generale di Eugenio Rodriguez — Tomo VI.
26. Ricerche sopra il pianeta Giove fatte coll'equinoziale di Merz all'Osservatorio del Collegio Romano durante l'anno 1855 — Tom. VII.
27. Notizia sulle più recenti scoperte fatte intorno agli anelli di Saturno — id.
28. Sulle variazioni periodiche del magnetismo terrestre. Memoria seconda — Tom. VIII.

III. *Memorie della Società italiana delle Scienze, detta dei XL.*

1. Sugli spettri prismatici delle stelle fisse — Serie 3a, Tom. I, Parte 1a.
2. Sulla grande nebulosa di Orione — id. id. Parte 2a.
3. Sugli spettri prismatici delle stelle fisse. Memoria 2a — Serie 3a, Tom. II.
4. Sugli spettri prismatici de' corpi celesti. Memoria 3a — id. id.

IV. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris.*

1. Sur les flammes rougeâtres vues en dedans du bord de la Lune dans l'éclipse de Soleil du 28 juillet 1851 — Tom. XXXII.
2. Lettre concernant des expériences photographiques faites pendant l'éclipse du 28 juillet 1851 — Tom. XXXIII.
3. Lettres sur la distribution de la chauler à la surface du Soleil — Tom. XXXIV.
4. Sur la résistance que les fils opposent au courant électrique -- Tom. XXXV.
5. Découverte d'une comète dans la constellation des Gémeaux — id.
6. Nouvelle observation de la comète découverte le 26 août 1852 — id.
7. Lettre concernant les observations héliométriques — id.
8. Nouvelle comète découverte le 6 mars 1853, dans la constellation du Lièvre — Tom. XXXVI.
9. Résultats de ses nouvelles recherches sur la distribution de la chaleur à la surface du Soleil — id.
10. De l'action du soleil sur les variations périodiques de l'aiguille aimantée — Tom. XXXIX.
11. Recherches sur les variations de l'aiguille aimantée — id.
12. Lettre relative à la transmission télégraphique des observations météorologiques dans les États Pontificaux ; à des observations d'étoiles doubles faites à l'Observatoire romain et à la comète de juin 1855 — Tom. XLI.
13. Sur un nouveau système de micromètres pour les lunettes astronomiques — id.
14. Sur les anneaux de Saturne — Tom. XLII.
15. Lettre accompagnant l'envoi d'une image photographique du groupe annulaire des montagnes de la Lune, désigné sous le nom de *Copernicus* — id.

16. Lettres relatives aux travaux de l'Observatoire du Collége romain — Tom XLIII.

17. Lettres relatives aux travaux de l'Observatoire du Collége romain — id.

18. Sur un nouveau baromètre à balance — Tom. XLIV.

19. Barométrographe construit sur le principe du baromètre à balance — id.

20. Lettres sur quelques observations faites sur la planète Vénus au moment de sa conjonction — id.

21. Analyse d'une lettre relative à la découverte de la petite étoile faite par M. Porro, à Paris, avec son grand réfracteur — id.

22. Lettre accompagnant divers opuscules relatifs aux perturbations de l'aiguille aimantée, à la lumière électrique et à quelques observations d'astronomie — Tom. XLV.

23. Réduction plus précise d'une observation de la comète de juillet 1857 — Tom. XLV.

24. Observations faites à Rome, du 14 au 15 novembre 1857, de la comète découverte le 10 à Florence par M. Donati — id.

25. Images photographiques de la Lune, faites à l'Observatoire du Collége romain — Tom. XLVI.

26. Note sur une tache solaire observée avec la lunette de Merz à l'Observatoire du Collége romain — id.

27. Essais de différents micromètres — id.

28. Sur la marche des ondes atmosphériques en Europe — Tom. XLVII.

29. Lettre et Mémoire relatif aux phases successives de la comète de Donati, aux cratères lunaires etc. — Tom. XLVIII.

30. Observations des étoiles doubles — id.

31. Appareil enregistreur des principaux phénomènes météorologiques; installation de l'Observatoire météorologique; observations de magnétisme terrestre; observations de la première comète de 1859 — id.

32. Observations des taches et facules du soleil faites à l'Observatoire du Collége romain — Tom. XLIX.

33. Observations de la planète Mars. Tremblement de terre de Norcia, ressenti à Rome. Aurore boréale du 28-29 août 1859 — id.

34. Lettre sur les perturbations magnétiques observées à Rome le 2 septembre 1859 — id.

35. Sur l'intensité lumineuse des diverses parties du disque solaire — id.

36. Nouvelle mesure de la base de Boscovich — Tom. L.

37. Tremblement de terre qui a détruit la ville de Norcia, dans les Appennins de l'Ombrie — id.

38. Observations faites pendant l'éclipse solaire du 18 juillet 1860, sur le sommet du mont Saint-Michel, au Desierto de las Palmas (Espagne) — Tom. LI.

39. Lettre relative à l'éclipse du 18 juillet et aux étoiles filantes du mois d'août — id.

40. Lettre concernant l'éclipse du 18 juillet — id.

41. Lettre accompagnant l'envoi d'un catalogue d'étoiles doubles, extrait des Mémoires de l'Observatoire du Collége romain. — id.

42. Note accompagnant l'envoi d'un opuscule sur la connexion entre les phénomènes météorologiques et les variations de l'aiguille aimantée — Tom. LII.

43. Observations de la planète (68) découverte par M. Schiaparelli le 7 mai 1861 — Tom. LII.

44. Passage de Mercure sur le Soleil — id.

45. Observations faites à Rome sur la comète d'Encke dans les derniers jours de novembre 1861; observations de l'anneau de Saturne — Tom. LIII.

46. Observations faites à Rome de la comète du 29 juin 1861 — id.

47. Parallaxes d'étoiles filantes déterminées au moyen d'observations simultanées, faites à Rome et à Civita-Vecchia — id.

48. Connexion entre les phénomènes météorologiques et les variations du magnétisme terrestre — Tom. LIII e LIV.

49. Lettre accompagnant des figures de la grande comète prises à Rome les 2 et 4 juillet 1861 et des figures faites au Chili dans le mois de juin — Tom. LIV.

50. Connexion entre les variations des phénomènes météorologiques et celles des manifestations du magnétisme terrestre — Tom. LIV e LV.

51 Observation de l'anneau de Saturne; courants électriques durant les orages — Tom. LV.

52. Lettre sur la deuxième comète de 1862 — id.

53. Constitution physique de la seconde comète de 1862. — Aspect de Mars, variable suivant les saisons. Nébuleuses annulaires — id.

54. Remarques sur les images photographiques de l'éclipse du 18 juillet 1860, prises à Rivabellosa et au Desierto de las Palmas — Tom. LVI.

55. Remarques à l'occasion d'une Note de M. Braun concernant la question des rapports entre les variations météorologiques et les perturbations magnétiques — id.

56. Note sur les spectres prismatiques des corps célestes — Tom. LVII.

57. Remarques à l'occasion d'une communication de M. Volpicelli relative à l'électricité atmosphérique — Tom. LVIII.

58. Sur l'intensité de la radiation solaire dans les différents saisons — id.

59. Sur les courants de la Terre et leur relation avec les phénomènes électriques et magnétiques — id.

60. Sur les raies atmosphériques des planètes — Tom. LIX.

61. Observation du spectre de Jupiter — id.

62. Observations simultanées à Rome et à Civita Vecchia des étoiles filantes du mois d'août — Tom. LIX.

63. Sur l'influence de l'atmosphère sur les raies du spectre, et sur la constitution du Soleil — Tom. LX.

64. Lettre sur la constitution du Soleil — id.

65. Sur la lumière spectrale de la nébuleuse d'Orion — id.

66. Sur les raies du spectre de la planète Saturne — id.

67. Sur la transparence de la mer (en commun avec M. Cialdi) — Tom. LXI.

68 Remarques sur la constitution du soleil à l'occasion d'observations faites, en 1865, au Chili durant une éclipse solaire — id.

69. Comète de Biela retrouvée à Rome — id.

70. Rapport entre la variation des taches solaires et celle des amplitudes de l'oscillation magnétique. Spectre de la comète de Tempel — Tom. LXII.

71. Lettre à M. Élie de Beaumont accompagnant une figure du spectre lumineux d'α d'Orion — id.

72. Sur des tremblements de terre éprouvés récemment à Spoleto — id.

73. Sur la réfraction solaire et sur certains phénomènes nouveaux observés dans les taches — id.

74. Lettre relative au rapport des intensités lumineuses du centre et du bord du Soleil — id.

75. Nouvelles recherches sur l'analyse spectrale de la lumière des étoiles — Tom. LXIII.

76. Sur la profondeur des taches et la réfraction de l'atmosphère du Soleil — id.

77. Communication relative à l'analyse spectrale de la lumière de quelques étoiles — id.

78. Analyse spectrale de la lumière de quelques étoiles et nouvelles observations sur les taches solaires — id.

79. Sur la disparition récente d'un cratère lunaire et sur les spectres de quelques étoiles — Tom. LXIV.

80. Nouvelle note sur les spectres stellaires — id.

81. Sur la transparence du fer rouge — id.

82. Sur les taches solaires — id.

83. Sur le cratère Linné de la Lune — id.

84. Sur la nébuleuse d'Orion — Tom. LXV.

85. Sur le météorographe et ses résultats — id.

86. Sur les étoiles filantes du 10 août 1867 — id.

87. Sur le spectroscope stellaire — id.

88. Réflexions sur l'histoire du baromètre statique — id.

89. Réponse aux nouvelles remarques de M. Radau sur le baromètre statique — Tom. LXV.

90. Sur les spectres stellaires — id.

91. Sur les travaux de conduite d'eau exécutés récemment à Alatri, près de Rome — id.

92. Note sur les spectres stellaires et les étoiles filantes — id.

93. Observations sur les documents relatifs à Galilée qui ont été publiés par M. Chasles — id.

94. Observations relatives à une interprétation inexacte de la lettre insérée dans le Compte rendu du 9 décembre 1867 (Rapports supposés entre Galilée et Pascal) — Tom. LXVI.

95. Réponse à la communication de M. Volpicelli insérée au Compte rendu du 6 janvier (également relative à Galilée) — id.

96. Sur les spectres stellaires — id.

97. Note sur la nébuleuse d'Orion — id.

98. Sur le spectre de la comète de Brorsen — id.

99. Lettre à M. Élie de Beaumont au sujet d'une Note de M. Prasmowsky sur le spectre de la comète de Brorsen — id.

100. Sur le spectre de la comète de Winnecke — id.

101. Observations relatives aux comètes de Winnecke et de Brorsen — Tom. LXVII.

102. Sur les spectres stellaires — id.

103. Sur les protubérances rouges observées en plein Soleil — id.

104. Observations du passage de Mercure sur le Soleil, faites à Rome le 5 novembre dernier — id.

105. Résultats de quelques observations spectroscopiques des bords du Soleil — id.

106. Remarques sur l'obscurité relative des taches solaires. Apparition des étoiles filantes de novembre — id.

107. Sur quelques particularités du spectre des protubérances solaires — id.

108. Remarques sur la relation entre les protubérances et les taches solaires — Tom. LXVIII.

109. Sur la présence de la vapeur d'eau dans le voisinage des taches solaires, et sur l'étude spectrale de quelques astres — id.

110. Observation spectrale de l'étoile R des Gémeaux — id.

111. Existence d'une couche donnant un spectre continu entre la couche rose et le bord solaire — id.

112. Résultats fournis par l'analyse spectrale de la lumière d'Uranus, de l'étoile R des Gémeaux, et des taches solaires — id.

113. Étude spectrale de diverses régions du Soleil et rapprochement entre les spectres obtenus et ceux de certaines étoiles — Tom. LXVIII.

114. Étude spectrale des taches solaires; documents que peut fournir cette étude sur la constitution du Soleil — id.

115. Sur l'intervention probable des gaz composés dans les caractères spectroscopiques de la lumière de certaines étoiles, ou des diverses régions du Soleil — id.

116. Nouvelles observations spectrales sur l'atmosphère et les protubérances solaires — id.

117. Sur les spectres des trois étoiles de Wolf, et sur l'analyse comparative de la lumière du bord solaire et des taches — Tom. LXIX.

118. Spectre de petites étoiles de M. Wolf; spectre d'Antarès; observations sur le spectre des taches solaires — id.

119. Observations relatives à ce qui le concerne dans une communication récente de M. Lockyer sur la constitution du Soleil — id.

120. Réponse à une lettre de M. Lockyer concernant les bandes noires dans le spectre des étoiles de quatrième et troisième types — id.

121. Nouveaux détails sur le spectre des taches solaires — id.

122. Sur le spectre de la planète Neptune et sur quelques faits d'analyse spectrale — id.

123. Sur une nouvelle disposition propre à l'observation spectrale de petites étoiles filantes du 14 novembre — id.

124. Lettre sur la constitution de l'aurore solaire et quelques particularités des tubes de Geissler — Tom. LXX.

125. Sur la constitution de l'aurore solaire et quelques particularités

offertes par les gaz raréfiés, lorsqu'ils sont rendus incandescents par les courants électriques. — id.

126. Sur les modifications apportées par le magnétisme dans la lumière émise par les gaz raréfiés — id.

127. Résultats de quelques observations spectrales du Soleil — id.

128. Rectification d'une erreur numérique de sa communication précédente — id.

129. Sur le déplacement des raies observé dans le spectre solaire — id.

130. Nouvelles remarques sur les spectres fournis par divers types d'étoiles — Tom. LXXI.

131. Nouveaux résultats d'observations concernant la constitution physique du Soleil — Tom. LXXII.

132. Sur les relations qui existent dans le Soleil entre les facules, les protubérances et la couronne — id.

133. Sur les relations qui existent dans le Soleil entre les facules, les protubérances et la couronne — Tom. LXXIII.

134. Sur les divers aspects des protubérances et des autres parties remarquables à la surface du Soleil; classification de ces phénomènes — id.

135. Sur un nouveau moyen de mesurer les hauteurs des protubérances solaires — id.

136. Sur la température solaire — id.

137. Note sur un nouveau moyen d'observer les éclipses et les passages de Vénus — id.

138. Lettre sur les expériences du pendule qui vont être entreprises dans le tunnel des Alpes occidentales — id.

139. Sur la température solaire — Tom. LXXIV.

140. Sur les protubérances solaires — id.

141. Sur l'aurore boréale du 4 février, observée à Rome, et sur quelques nouveaux résultats d'analyse spectrale — id.

142. Sur les dégâts produits par la foudre, à Alatri, en frappant un paratonnerre — id.

143. Sur quelques particularités de la constitution du Soleil — id.

144. Résumé des observations des protubérances solaires, du 1er janvier au 29 avril — id.

145. Réponse aux observations présentées par M. Respighi sur quelques particularités de la constitution du Soleil.

146. Note relative à l'éruption solaire du 7 juillet — Tom. LXXV.

147. Observation des variations des diamètres solaires : observation des protubérances et de la chromosphère : observation des étoiles filantes : aurore boréale observée à Rome le 10 août, à 10 heures du matin — id.

148. Sur les diverses circonstances de l'apparition d'un bolide et sur les spectres stellaires — id.

149. Recherches spectroscopiques solaires — id.

150. Sur la pluie d'étoiles filantes du 27 novembre, observée à Rome — id.

151. Sur les taches et le diamètre solaire — id.

152. Sur les protubérances et les taches solaires — Tom. LXXVI.

153. Sur la nature et l'origine des taches solaires — id.

154. Sur la théorie des taches solaires : réponse à M. Faye — Tom. LXXVI.

155. Sur quelques observations spectroscopiques particulières — id.

156. Essai, pendant une éclipse solaire, de la nouvelle méthode spectroscopique pour le prochain passage de Vénus — id.

157. Nouvelle série d'observations sur les protubérances solaires : nouvelles remarques sur les relations qui existent entre les protubérances et les taches — id.

158. Sur les spectres du fer et de quelques autres métaux, dans l'arc voltaïque — Tome LXXVII.

159. Nouvelles recherches sur la diamètre solaire — id.

160. Réponse à une Note de M. Respighi, sur la grandeur des variations du diamètre solaire — id.

161. Suite des observations sur les protubérances solaires, pendant les six dernières rotations de l'astre, du 23 avril au 2 octobre 1873 : conséquences concernant la théorie des taches — id.

162. Observations des protubérances solaires, pendant le dernier trimestre de l'année 1873. Résultats fournis par l'emploi des réseaux, au lieu des prismes, dans les observations spectrales des protubérances — Tome LXXVIII.

163. Recherches expérimentales conduisant à une détermination de la température du Soleil — id.

164. Observations relatives à une communication de M. Croce-Spinelli, sur les bandes de la vapeur d'eau dans le spectre solaire — id.

165. Observations sur le spectre des comètes — id.

166. Sur le spectre de la comète Coggia — Tome LXXIX.

167. Observations faites pendant les derniers jours de l'apparition de la comète Coggia — id.

168. Observations de l'éclipse solaire du 10 octobre 1874, avec le spectroscope. Tableaux des observations des protubérances solaires, du 26 décembre 1873 au 2 août 1874 — id.

169. Études des taches et des protubérances solaires, de 1871 à 1875 — Tom. LXXX.

170. Lettre accompagnant la présentation de la deuxième édition française de son ouvrage « Le Soleil » — Tom. LXXXI.

171. Résultats des observations des protubérances et des taches solaires du 23 avril au 27 juin 1875 — id.

172. Sur le déplacement des raies dans les spectres des étoiles, produit par leur mouvement dans l'espace — Tom. LXXXII.

173. Nouvelle série d'observations sur les protubérances et les taches solaires — Tom. LXXXIII.

174. Nouvelles remarques sur la question du déplacement des raies spectrales, dû au mouvement propre des astres — id.

175. Sur une chute de grêle remarquable observée à Grotta-Ferrata — id.

176. Recherches sur la vitesse du vent, faites à l'Observatoire du Collége romain — id.

177. Observations relatives à une réclamation présentée par M. Faye,

au sujet des tourbillons qui se produisent dans l'atmosphère — Tom. LXXXIV.

178. Étude spectroscopique de la nouvelle étoile signalée par M. Schmidt — id.

179. Sur un nouveau catalogue d'étoiles colorées et sur le spectre de l'étoile de Schmidt — id.

180. Observations des protubérances solaires pendant le second semestre de 1876; rotations 69 à 75 — id.

181. Observations du spectre de la comète Borelly — id.

182. Sur le spectre de la comète de Winnecke — id.

183. Sur l'état actuel de l'atmosphère solaire — id.

184. Observations des protubérances solaires, pendant le premier semestre de l'année 1877 — Tom. LXXVI.

V. *Memorie dell' Osservatorio del Collegio Romano.*

1. Memorie dell' osservatorio dell' Università Gregoriana in Collegio Romano diretto dai PP. della Compagnia de Gesù anno 1850. Roma, tipografia delle belle arti, Aprile 1851, 4°, pp 149, 3 planch. Même titre. Anno 1851. Roma, tipografia delle belle arti 1852, 4°, pp. 108. Appendice alle osservazioni del 1851. Si riuniscono in questa appendice alcune ricerche spettanti l'astronomia fisica e la meteorologia, che furono il soggetto di occupazioni straordinarie nel decorso dell' anno 1851 e parte del 1852, pp. LX.

2. Descrizione del nuovo osservatorio del Collegio Romano d. C. d. G. e Memoria sui lavori eseguiti dal 1852 a tutto Aprile 1856.

3. Memorie dell' osservatorio del Collegio Romano d. C. d. G. Nuova Serie dall' anno 1857 al 1859.

4. Memorie dell' osservatorio del Collegio Romano d. C. d. G. Nuova Serie, volume II, dall' anno 1860 al 1863.

VI. *Bullettino meteorologico dell' Osservatorio del Collegio Romano.* (1862-1877)

1. Posizione topografica dell' Osservatorio del Collegio Romano e descrizione degli strumenti — Tom. I, 1862.

2. Su di un barometro galleggiante del prof. Tito Armellini — id.

3. Nuovi esperimenti sulle stelle cadenti fatti all'Osservatorio del Collegio Romano nell'agosto del 1861 — id.

4. Osservazioni della cometa IIa del 1862 — id.

5. Distribuzione della pressione atmosferica sull'Europa durante il gennaio e il febbraio del corrente anno 1862 — id.

6. Connessione delle variazioni magnetiche colle meteorologiche (la parte IVa della Memoria si trova nel Vol. II) — id.

7. Memoria intorno all' influenza solare dell'atmosfera terrestre — Vol. II, 1863.

8. Memoria sugli spettri prismatici della luce de' corpi celesti — Vol. II, 1863.

9. Le burrasche del decembre 1863 — *Id.*

10. Sulla teoria delle macchie solari proposta dal sig. Kirchhoff — Vol. III, 1864.

11. Sulla struttura della fotosfera solare — id.

12. Ulteriori studi sulle burrasche del 1863 — id.

13. Sull' orologio elettro-magnetico del signor Detouche donato dal S. Padre al Collegio Romano — id.

14. Ricerche magneto-elettriche in ordine alle variazioni delle correnti elettriche terrestri e della elettricità atmosferica — id.

15. Studi spettrali sui corpi celesti. Ricerche sopra Giove — id.

16. Osservazioni sulle stelle cadenti del periodo di agosto nel 1864 — id.

17. Riduzione delle osservazioni magnetiche fatte all' Osservatorio del Collegio Romano dal 1859 al 1864. Parte Ia — Vol. IV, 1865.

18. Riduzione delle osservazioni magnetiche fatte all' Osservatorio del Collegio Romano dai 1859 al 1864. Parte IIa -- id.

19. Descrizione del meteorografo dell' Osservatorio del Collegio Romano — id.

20. Sulle macchie solari. Memoria letta all' Accademia Pontificia dei Nuovi Lincei — id.

21. La scienza all'esposizione universale di Parigi nel 1867 — Vol. VI, 1867.

22. Sulle variazioni di temperatura nei barometri statici — Vol. VII, 1868.

23. Sullo spettro delle protuberanze solari osservate in pieno Sole — id.

24. Spettro della cometa di Brorsen — id

25. Spettro della cometa di Winnecke. Lettera al sig. Elia de Beaumont — id.

26. Parecchie Note di fisica solare — Vol. VIII.

27. Diverse Note sugli spettri stellari — id.

28. Ricerche sulle protuberanze solari specialmente intorno alla velocità di spostamento dei getti luminosi — Vol. IX, 1870.

29. Nuove ricerche sulle protuberanze solari — id.

30. Atmosfera solare e nuova conferma dei fenomeni dell'aureola solare osservati nel 1859 — id.

31. Rettificazione relativa alla Nota precedente — id.

32. Sur les déplacements des raies observés dans le spectre solaire. Lettre à M. Fizeau — id.

33. Esistenza delle righe del carbonio nelle stelle del 3° tipo.

34. Le aurore polari dell' ottobre 1870 — id.

35. Nouvelles remarques sur les spectres fournis par divers types d'étoiles — Vol. IX.

36. Ricerche solari — Vol. X, 1871.

37. Sulla classificazione delle protuberanze — id.

38. Sulla corona solare nelle ecclissi totali — id.

39. Su di una nuova combinazione spettroscopica per lo studio del Sole — id.

40. Sulle stelle cadenti dell'agosto 1871 — id.

41. Sulla distribuzione delle protuberanze intorno al disco solare — Vol. XI, 1872.

42. Sull' ultima ecclisse del 12 decembre 1871. Nota I e II — id.
43. Quistioni spettroscopiche. Lettera al prof. Respighi — id.
44. Aurora boreale del 4 febbraio 1872 — id.
45. Ricerche solari. Intorno alla connessione delle macchie colle protuberanze solari — Vol. XII, 1873.
46. Sulle macchie solari — id.
47. Risultati ottenuti dalle ultime osservazioni sulla distribuzione delle protuberanze solari — id.
48. Nuove ricerche sul diametro solare — id.
49. L'ecclisse del 26 maggio 1873 — id.
50. Un omaggio alla memoria del Comodoro Maury — id.
51. Sulla formazione delle macchie solari — Vol. XIII, 1874.
52. La teoria delle macchie solari proposta da Galileo — id.
53. Intorno a due critiche fatte dal sig. Bertrand ad alcune teorie solari del P. A. Secchi. Lettera del P. Secchi a D. B. Boncompagni — id.
54. Alcune considerazioni sull'uso dello spettroscopio nelle ecclissi — id.
55. L'ecclisse solare del 10 ottobre 1874 — id.
56. Sugli spettri prismatici del pianeta Giove e degli altri pianeti — id.
57. Sull' ultimo passaggio di Venere avanti al Sole nel dicembre 1874. Note raccolte e comunicate dal P. A. Secchi — Vol. XIV, 1875.
58. Recenti ricerche sulla distribuzione del calore sul disco solare — id.
59. Nuove ricerche sulla distribuzione del calore sul disco solare — id.
60. L'ecclisse del 29 settembre 1875 — id.
61. Riassunto delle protuberanze solari osservate al Collegio Romano dal 23 aprile 1871 al 28 giugno 1875 — Vol. XV, 1876.
62. Il radiometro del sig. Crookes — id.
63. Sul diametro del Sole osservato allo spettroscopio — Vol. XV.
64. Di alcuni fatti relativi all'origine della grandine — id.
65. Il termometro campione dell'Osservatorio del Collegio Romano — id.
66. Alcune avvertenze sui parafulmini — id.
67. Di una grandine accaduta il 26 agosto 1876 a Grottaferrata — id.
68. Sul nuovo Osservatorio meteorologico eretto sul Monte Cavo nel Lazio — id.

VII. *Atti dell' Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei* (1847-1877).

1. Comunicazioni sulla macchina di Wheatstone per le vibrazioni luminose nell' etere — Tom. III.
2. Sopra un nuovo fotometro destinato specialmente a misurare le intensità relative della luce delle stelle — id.
3. Sull'applicazione del metodo di interpolazione del signor Cauchy alla riduzione delle osservazioni meteorologiche — Tom. IV.
4. Osservazioni del IV° pianeta di Hind e di De Gasparis fatte all'Osservatorio del Collegio Romano — Tom. V.
5. Sugli sperimenti del pendolo fatti in Roma a prova della rotazione della terra, e per la determinazione assoluta della gravità — id.
6. Sopra alcune osservazioni fatte alla specola del Collegio Romano durante l' ecclisse del 28 luglio 1851 — id.

7. Sull'intensità del calore nelle varie parti del disco solare — id.
8. Osservazioni del XVI asteroide fatte all'Osservatorio del Collegio Romano — id.
9. Sulle apparenze osservate nell'anello di Saturno nel 1850 e 1851 — id.
10. Osservazioni sul pianeta Massalia fatte all'Osservatorio del Collegio Romano all' Equatoriale di Cauchoix — id.
11. Nuove ricerche sul calore del sole e sulla struttura della penombra nelle macchie solari — Tom. VI.
12. Sulla prima cometa del 1853 — id.
13. Osservazioni di Temi fatte all' Equatoriale di Cauchoix col micometro filare — id.
14. Ricerche sull'attuale valore della declinazione magnetica in Roma — id.
15. Ricerche sul magnetismo terrestre — id.
16. Opposizione ed elementi dell'orbita parabolica della IIIª cometa del 1855 — id.
17. Memoria sopra alcuni lavori fatti al nuovo Osservatorio del Collegio Romano durante il primo anno della sua erezione fino al 31 decembre 1855 — Tom. VII.
18. Appendice alla Memoria delle osservazioni fatte al Collegio Romano 1855-56 — id.
19. Ricerche sulla luce elettrica — Tom. X.
20. Alcune ricerche sull'Astronomia siderale relative specialmente alla distribuzione delle stelle nello spazio — id.
21. Intorno a un nuovo barometrografo — id.
22. Sulle variazioni o perturbazioni straordinarie dell'ago magnetico — id.
23. Osservazioni astronomiche diverse — id.
24. Osservazioni sulla VIª cometa scoperta dal sig. Donati a Firenze — Tom. XI.
25. Disegni di Giove — id.
26. Livellazione dell' Appia. Applicazione della teoria dei moti rotatori agli imponderabili — id.
27. Sulle macchie solari e del modo di determinarne la profondità — id.
28. Di alcuni risultati ottenuti dalla corrispondenza meteorologica telegrafica e dal barometrografo a bilancia — id.
29. Osservazioni della cometa Donati fatte all'Osservatorio del Coll. Romano — Tom. XII.
30. Quadro fisico del sistema solare, 118.
31. Descrizione di un anemografo eretto all'Osservatorio del Collegio Romano — id.
32. Misure delle stelle doppie — Tom. XIII e XIV.
33. Escursione scientifica fatta a Norcia ad occasione dei terremoti del 22 agosto 1859 — Tom. XIII.
34. Intorno all'atmosfera solare e ad alcune proprietà ottiche della luce riflessa della Luna — id.
35. Alcune ricerche meteorologiche sulle tempeste occorse nel 1859-60 — id.

36. Sopra alcune teorie del sig. Faye relative alle code delle comete — id.

37. Intorno alla corrispondenza che passa tra i fenomeni meteorologici e le variazioni d' intensità del magnetismo terrestre — Tom. XIV e XV.

38. Passaggio di Mercurio avanti al Sole il giorno 12 novembre 1861 — Tom. XV.

39. Risposta ad alcune critiche fatte dal sig. Braun alle sue deduzioni sulla connessione delle perturbazioni magnetiche colle vicende meteorologiche — Tom. XVI.

40 Ricerche sulla corrente elettrica e sue analogie coi fenomeni idraulici — Tom. XVII.

41. Sulle pile a sabbia — id.

42. Sullo spettro terrestre atmosferico e sulla relazione dei fenomeni magnetici coi meteorologici — Tom. XVIII.

43 Riduzione delle osservazioni magnetiche fatte all'Osservatorio del Collegio Romano — id.

44. Ricerche sulle macchine solari e i loro movimenti — Tom. XX.

45. Sulla scoperta delle armi e arnesi in silice trovate presso Monticelli — id.

46. Sugli spettri prismatici delle stelle fisse — Tom. XXI.

47. Sulla nuova macchina dinamo-magnetica di Wheatstone nel gabinetto fisico del Collegio Romano — id.

48. Sulle variazioni di temperatura nei barometri statici — id.

49. Sulla nebulosa d'Orione — id.

50. Serie seconda delle misure micrometriche fatte all'equatoriale di Merz — id.

51. Climatologia romana — id.

52. Sunto delle sue osservazioni spettroscopiche sul Sole e sulle stelle fisse — Tom. XXII

53. Osservazioni spettroscopiche sul Sole — id.

54. Sullo spettro delle macchie solari — id.

55 Nuove ricerche spettrali — id.

56. Sulla temperatura solare — Tom. XXIII.

57 Progresso delle cognizioni solari ottenuto in occasione dell' ecclisse solare del 22 dicembre 1870 — Tom. XXIV, 1871.

58. Sopra un nuovo metodo spettroscopico — id. id.

59 Ricerche solari — id. id.

60. Sulle protuberanze solari e le facole — id. id.

61. Sulla distribuzione delle protuberanze intorno al disco solare — id. id.

62. Sulla distribuzione delle protuberanze nel disco solare. Seconda comunicazione — id. id.

63. Rapporto della Commissione per la misura del meridiano centrale europeo negli Stati Pontificî, presentato a Sua Eminenza Rev. il Sig. Cardinal Giuseppe Berardi — id. id.

64. Sulla distribuzione delle protuberanze intorno al disco solare. Terza comunicazione — id. id.

65. Sulla distribuzione delle protuberanze intorno al disco solare. Quarta comunicazione — Tom. XXV, 1872.

66. Di alcuni fenomeni accaduti nella scarica di un fulmine in Alatri — id. id.

67. Sulla distribuzione delle protuberanze intorno al disco solare. Quinta comunicazione — Tom. XXV, 1872.

68. Sull' aurora elettrica del 4 febbraio 1872 — id. id.

69. Sull' ultima ecclisse del 12 dicembre 1871 — id. id.

70. Sugli spettri prismatici de' corpi celesti — id. id.

71. Sulla distribuzione delle protuberanze intorno al disco solare. Sesta comunicazione seguita da alcune considerazioni sulla corona solare — id. id.

72. Sulla temperatura solare. Riflessioni e note — id. id.

73. Sulla distribuzione delle protuberanze intorno al disco solare. Settima comunicazione — id. id.

74. Sulla distribuzione delle protuberanze intorno al disco solare e sulle macchie. Ottava comunicazione — Tom. XXVI, 1873.

75. Le stelle cadenti del 27 novembre 1872 — id. id.

76. Sulle protuberanze solari e loro relazione colle macchie. Nona comunicazione — id. id.

77. Sulla distribuzione delle protuberanze solari e loro relazione colle macchie, coll' aggiunta di un riassunto dei lavori spettroscopici fatti in questi ultimi anni all'Osservatorio del Collegio Romano. Decima comunicazione — id. id.

78. Sulla distribuzione delle protuberanze intorno al disco solare con alcune ricerche sulla radiazione elettrica paragonata alla solare. Undecima comunicazione — Tom. XXVII, 1874.

79. Sulle protuberanze solari e le macchie. Duodecima comunicazione — id. id.

80. Sullo spettro delle comete di Tempel e Coggia — id. id.

81. Studi fisici sulle comete del 1874 — id. id.

82. Studi fisici fatti all'Osservatorio del Collegio Romano sulle Comete di Tempel II^{a} e Coggia III^{a} nel 1874. Seconda comunicazione — Tom. XXVIII, 1875.

83. Sulla pioggia osservata al Collegio Romano dal 1825 al 1874 — id. id.

84. Sull' ultimo passaggio di Venere avanti al Sole nel dicembre 1874 — id. id.

85. Riassunto delle protuberanze solari osservate al Collegio Romano dal 23 aprile 1871 al 28 giugno 1875 — id. id.

86. Di alcuni fatti relativi all'origine della grandine — Tom. XXIX, 1876.

87. Sulle protuberanze e le macchie solari. Decimaquarta comunicazione — id. id.

88. Intorno ad alcune opere idrauliche antiche rinvenute nella campagna di Roma — id. id.

VIII. *Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani.*

1. Nuovo micrometro per la misura delle protuberanze — Vol. I, 1872.
2. Osservazioni sulle protuberanze solari e la loro distribuzione — id. id.
3. Imagini spettroscopiche del bordo solare disegnate a Palermo, Roma e Padova nei giorni 11 e 12 dicembre 1871 da Tacchini, Secchi e Lorenzoni — id. id.
4. Sugli spettroscopî a grande dispersione — id. id.
5. Bordi solari osservati a Roma e Palermo da A. Secchi e P. Tacchini nei mesi di ottobre, novembre e dicembre 1871 — id. id.
6. Tavola per la determinazione dell'angolo di posizione dell' equatore solare — id. id.
7. Sulla distribuzione delle protuberanze intorno al disco solare. Nota 2ª — id. id.
8. Fenomeni solari osservati dal 7 luglio al 22 detto mese all' Osservatorio del Collegio Romano — id. id.
9. Sulle variazioni dei diametri solari osservati a Palermo e Roma da A. Secchi, P. Rosa e G. Cacciatore — id. id.
10. Sulle osservazioni da farsi nel passaggio di Venere nel sole col mezzo dello spettroscopio — id. id.
11. Bordi solari osservati nei mesi di gennaio, febbraio, marzo ed aprile 1872 in Palermo, Roma e Padova da P. Tacchini, A. Secchi e G. Lorenzoni — id. id.
12. Sulla distribuzione delle protuberanze intorno al disco solare — Vol. II, 1873.
13. Nota sulla corona solare durante le ecclissi e sulle variazioni del diametro del sole — id. id.
14. Sulle righe di assorbimento del sodio e di altri metalli — id. id.
15. Osservazioni dell' ecclisse solare del 26 maggio 1873 — id. id.
16. Riassunto delle osservazioni delle protuberanze solari dal 1º gennaro al 22 aprile 1872 — id. id.
17. Sugli spettri del ferro e di qualche altro metallo — Vol. II, 1873.
18. Intorno alla teoria del sig. Faye sulla formazione delle macchie solari. Considerazioni del prof. P. Tacchini e del P. Secchi — Appendice al Vol. II.
19. Sur les protubérances et les taches solaires — id. id.
20. Sur la nature et l'origine des taches solaires — id. id.
21. Sur la théorie des taches solaires : réponse à M. Faye — id. id.
22. Suite des observations des protubérances solaires, conséquences concernant la théorie des taches — id. id.
23. Spettri di diffrazione e protuberanze solari osservate alla specola del Collegio Romano in gennaio 1874 — Vol. III, 1874.
24. Sulla distribuzione delle protuberanze solari osservate del 23 aprile al 2 ottobre 1873 — id id.
25. Alcune considerazioni spettroscopiche — id. id.
26. Bordi solari del mese di ottobre e parte del novembre 1852 — id. id.
27. Sullo spettro della cometa di Tempel — id. id.

28. Bordi solari osservati nei mesi di novembre e dicembre 1872, da A. Secchi e P. Tacchini — id id.

29. Spettro della cometa Coggia e luce polarizzata — id. id.

30. La teoria delle macchie solari proposta da Galileo — id. id.

31. L' ecclisse solare del 10 ottobre 1874 osservato collo spettroscopio a Roma — id id.

32. Riassunto delle protuberanze solari osservate al Collegio Romano dal 26 dicembre 1873 al 2 agosto 1874 — id. id.

33. Sugli spettri prismatici del pianeta Giove e degli altri pianeti — id. id.

34. Studî fisici sulle comete del 1874 — id. id.

35. Studî fisici fatti all' Osservatorio del Collegio Romano sulle comete di Tempel e Coggia III — id. id.

36. Nota sopra un articulo di Langley — Vol. IV, 1875.

37. Sull' ultimo passaggio di Venere avanti al sole nel dicembre 1874 — id. id.

38. Quadro delle 52 rotazioni solari osservate negli ultimi quattro anni all' Osservatorio del Collegio Romano — id. id.

39 Riassunto delle protuberanze solari osservate al Collegio Romano dal 23 aprile 1871 al 25 giugno 1875 — Vol. IV, 1875.

40. Protuberanze solari osservate in marzo ed aprile 1874, da A. Secchi e P, Tacchini — id. id.

41. Bordi solari osservati a Roma e Palermo in maggio e giugno 1874 da A. Secchi e P. Tacchini — id. id.

42. Recenti ricerche intorno alla distribuzione del calore sul disco solare — id. id.

43. Bordi solari osservati da A. Secchi e P. Tacchini nel giugno e luglio 1874 — id. id.

44. Osservazioni delle protuberanze solari osservate al Collegio Romano dal 29 giugno all' 11 dicembre 1875 — Vol. V, 1876.

45. Sullo spostamento delle righe negli spettri delle stelle, prodotto dal loro movimento nello spazio — id. id.

46. Sullo spostamento delle righe spettrali nelle stelle. 2ª Nota — id. id.

47. Osservazioni delle protuberanze solari fatte alla specola del Collegio Romano nel primo semestre del 1876 — id. id.

48. Prodromo di un catalogo fisico delle stelle colorate — id. id.

49. La stella Schmidt — Vol. VI, 1877.

IX. *Giornale Arcadico.*

1. Intorno alla correlazione delle forze fisiche e alla sua influenza nel concetto dell'universo — Nuova serie Vol. IX.

2. Sui recenti progressi dell' astronomia — id. Vol. XIV.

3. Sull' ecclisse solare del 18 luglio 1860 — id. Vol. XVIII.

4. Relazione delle osservazioni fatte in Spagna durante l' ecclisse solare del 18 luglio 1860 — id. Vol. XX.

5. Sui recenti progressi della meteorologia — id. id.

6. Osservazioni e ricerche astronomiche sulla grande cometa del giugno 1861 — id. Vol. XXIII
7. Sulle aurore boreali — id. Vol. XXIV.
8. Intorno alla relazione che passa fra i fenomeni meteorologici e le variazioni del magnetismo terrestre — id. Vol. XXV.
9. La Luna — id. Vol. XXVI.
10. Intorno alla vita ed alle opere del P. Giambattista Pianciani — id. Vol. XXVII.
11. Constituzione fisica del Sole — id. Vol. XXIX.
12. L'unità delle forze fisiche — Nuova serio Vol. XXXVII.
13. Memoria sulle relazioni dei fenomeni meteorologici colle variazioni del magnetismo terrestre — id. Vol. XXXVIII.
14. Intorno ad alcuni avanzi di opere idrauliche antiche rinvenute nella città di Alatri — id. Vol. XLI.
15. Le scoperte spettroscopiche considerate in ordine alla ricerca della natura de' corpi celesti — id. id.
16. Sulle condizioni igieniche del clima di Roma — id. Vol. XLII.
17. Sulla struttura delle macchie solari — id. Vol. XLV.
18. Sul clima di Roma — id. Vol. XLVI.
19. Le recenti scoperte astronomiche — id. Vol. LIII.
20. Sull' epoca vera e la durata della cecità del Galilei — id. Vol. LIV.
21. Lettera sull' uliima pubblicazione del prof. Volpicelli intorno alla cecità del Galilei — id. Vol. LVII.
22. Fisica solare. Sulle ultime scoperte spettroscopiche fatte nel sole — id. Vol. LIX.
23. Lettere al cav. Salvatore Betti — id. id.
24. Lettera a Salvatore Betti intorno alla condanna del falsario degli autografi di Galileo Galilei — id. Vol. LXII.
25. Sul sole — id. id.
26. Descrizione del meteorografo dell' Osservatorio del Collegio Romano id. Vol. LXIII.

X. *Nuovo Cimento, depuis* 1855.

Iª Serie.

1. Sul magnetismo terrestre e sue variazioni — Vol. I.
2. Nuove ricerche sullo spettro elettrico — Vol. II.
3. Ricerche sul pianeta Giove — id.
4. Sopra alcuni fenomeni della luce osservati colla pila — Vol. III.
5. Sui fari elettrici — id.
6. Sulle fotografie lunari — Vol. IV.
7. Ricerche sulla luce elettrica — id.
8. Barometrografo — Vol. V.
9. Sul barometrografo a bilancia : lettera al prof. Matteucci — id.
10. Sulle variazioni periodiche del magnetismo terrestre. Memoria seconda — id.
11. Sulla scintillazione delle stelle — Vol. VI.
12. Osservazioni diverse fatte all' Osservatario del Collegio Romano : congiunzione inferiore del pianeta Venere — Vol. VI.

13. Considerazioni sull' atmosfera lunare e dei pianeti — Vol. VII.
14. Sull' applicazione dei moti rotatori agli imponderabili. — id.
15. Sulla fotografia della luna — id
16. Sulle macchie solari e sul modo di determinarne la profondità — Vol. VIII.
17. Osservazioni della Cometa Donati fatte all' Osservatorio del Collegio Romano — Vol IX.
18 Polarizzazione della luce prodotta dai corpi celesti — id.
19. Intorno ad un anemometrografo ossia apparato per registrare la direzione e la velocità del vento costruito all' Osservatorio del Collegio Romano — id.
20. Intorno all' atmosfera solare e ad alcune proprietà ottiche della luce reflessa della luna — Vol. XI.
21. Relazione delle osservazioni fatte in Spagna durante l' ecclisse totale del 18 luglio 1860 — Vol XII.
22. Aggiunta alla relazione delle osservazioni fatte in Spagna durante l'ecclisse del 18 luglio 1860 — id.
23. Descrizione dell' Osservatorio magnetico del Collegio Romano e sunto delle osservazioni fatte nel 1859 e 1860 — Vol. XIII.
24. Intorno alla corrispondenza che passa tra i fenomeni meteorologici e le variazioni d'intensità del magnetismo terrestre — id.
25. Nuovi sperimenti sulle stelle cadenti — Vol. XIV.
26. Osservazioni e ricerche astronomiche sulla grande cometa del giugno 1861 — id.
27. Sull' elettricità atmosferica — id.
28. Intorno all' influenza solare sull' atmosfera terrestre — Vol. XVI.
29. Sulla teoria delle macchie solari proposta dal sig. Kirchhof — Vol. XVIII.
30. Riassunto delle osservazioni spettrali fatte all' Osservatorio del Collegio Romano — Vol. XX.
31. Nota sulle pile a sabbia — id.
32 Relazione delle esperienze fatte a bordo della pontificia pirocorvetta l'Immacolata Concezione per determinare la trasparenza del mare — id.
33. Sulle macchie solari — id.
34. Sugli annunzi delle probabilità del tempo trasmessi per telegrafo dall' Osservatorio di Parigi — Vol. XX.
35. Che cos' è una macchia solare? — Breve esposizione delle recenti scoperte fatte su questo soggetto — Vol. XXI e XXII.
36. Di uno spettrometro semplice — Vol. XXIII e XXIV.
37. Sulla spettrometria stellare — id.
38. Sull' ozono atmosferico — id.
39. Sulle stelle cadenti del 14 novembre 1866 — Vol. XXV.
40. Studi spettrali sulle comete — Vol. XXV.

2ª Serie.

41. Analisi spettrale dell' atmosfera solare — Vol. I.
42. Ricerche sulle protuberanze solari — Vol. III.
43. Riassunto delle osservazioni sulle protuberanze solari e la loro dis-

tribuzione, fatte all' Osservatorio del Collegio Romano nell' anno 1871 — Vol. V e VI.

XI. *Bibliothèque universelle de Genève.*
Archives des Sciences Physiques et Naturelles.

1re Période.

1. Sur une forte perturbation magnétique accompagnée d'une apparence d'aurore boréale, observée à Rome dans la soirée du 2 janvier 1854 — Vol. XXV.
2. Sur les variations périodiques du magnétisme terrestre — Vol. XXVII e XXVIII.
3. Sur le phénomène de la fluorescence produit par la lumière électrique — Vol. XXXI.
4. Sur la scintillation des étoiles — Vol. XXXV.

Nouvelle Période.

5. Sur les variations des éléments magnétiques à Rome; lettre à M. de La Rive — Vol. VI.
6. Sur la connexion des phénomènes météorologiques et des variations d'intensité du magnétisme terrestre — Vol. XI.
7. Des relations qui existent entre les phénomènes météorologiques et les variations du magnétisme terrestre — Vol. XII.
8. Les découvertes spectroscopiques dans leurs rapports avec la recherche de la nature des corps célestes — Vol. XXIII.

XII. *Astronomische Nachrichten begründet von H. C. Schumacher.*

1. Beobachtung der Bedeckung des Jupiters vom Monde 1850. Mai 19 — Bd XXX.
2. Beobachtung der Egeria — Bd XXXI.
3. Beobachtungen des Cometen (I, 1850) — id.
4. Beobachtungen von Sternbedeckungen — id.
5. Schreiben den Cometen (I. 1820) betreffend — id.
6. Beobachtungen der Irene — Bd XXXII.
7. Formeln für die Temperatur zu Rom — id.
8. Beobachtungen der Eunomia — Bd. XXXIII.
9. » der Irene — id.
10. » der Sonne und des Mondes, während der Finsterniss 1851 Juli 28 in Azimuth und Höhe — id.
11. » der Sonnenfinsterniss 1851 Juli 28 — id.
12. » des Cometen (1851-I. II).
13. » der Mondfinsterniss 1852 Jan. 6 — Bd. XXXIV.
14. » der Pallas — id.
15. » der Psyche — id.
16. » des Neptun — id.
17. » des Saturn — id.
18, » des Uranus — id.

19. Ueber die Intensität des Sonnenlichtes — id.
20, Beobachtungen der Melpomene — Bd. XXXV.
21 Beobachtungen des Biela' schen Cometen — id.
22. Sur la distribution de la chaleur à la surface du soleil — id.
23. Beobachtungen der Massalia — Bd. XXXVI.
24. » der Themis — id.
25. » des Cometen (1852. II) — id.
26. » » » (1853, I) — id.
27. » von Mond und Mondsternen — id.
28. Bemerkungen über die neue Wahrnehmung an den Ringen des Saturn — id.
29. Entdeckung eines neuen Nebelflecken — id.
30. Nachrichten über die Sternwarte des Collegio Romano in Rom—id.
31. Magnetische Beobachtungen in Rom — Bd. XXXVIII.
32, Mittheilung über Gradmessung — id.
33. Ueber den Cometen (1853, III) und über Sonnenflecke — id.
34. Beobachtungen des Euterpe — id.
35. » des Cometen (1853, III) — id.
36. » des Cometen (1854, I) — id
37. Schreiben betreffend seine Abhandlung über die Variation der Magnetnadel — Bd. XXXIX.
38. Beobachtungen des Saturn. — id.
39. Ueber die Sonne als einen Magneten betrachtet — id.
40. Beobachtung der Polyhymnia — Bd. XL.
41. Bestimmung der Polhöhe der neuen Sternwarte — id.
42. Bemerkungen über den Saturn — id.
43. Bemerkungen über einen grossen Sonnenflecken — id.
44. Ueber den auf der Sternwarte des Collegio Romano befindlichen Refractor von Merz — Bd. XLI.
45. Ueber die Farben der Doppelsterne und der Ringe des Saturns und über den Einfluss der Vergrösserung des Fernrohrs auf solche Farben — id.
46. Ueber die Beobachtungsfehler der Doppelsterne — id.
47. Ueber den Begleiter von Antarés — id.
48. Ueber Erscheinungen in der Milchstrasse — id.
49. Teleskopisches Ansehn des Jupiters — id.
50. Ueber die von ihm beobachteten teleskopischen Erscheinungen des Saturns — id.
51. Ueber einen von ihm ausgefundenen Doppelnebel — id.
52. Beobachtungen des Cometen (1855, I) — id.
53. » » » (1855, II) — id.
54. » von η Coronae borealis — id.
55. » von Doppelsternen — id.
56. » des Cometen (III, 1855) — Bd. XLIII.
57. » von Nebelflecken — id.
58. Messungen von Doppelsternen — id.
59. » des Jupiter Durchmessers — id.
60. » des Trabanten des Jupiter — id.

61. Bemerkungen zu diesen Messungen — id.
62. Ueber die Leistungen des grossen Münchener Refractors auf der Sternwarte des Collegio Romano — id.
63. Beobachtungen des Cometen (1857, I) — Bd. XLIV.
64. Messungen vom Saturn und von dessen Ringsystem — id.
65. Bemerkungen über Mars — id.
66. » den Nebel in Orion — id.
67. Messungen von Doppelsternen — id.
68. Beobachtungen des Cometen (1857, I) und (1857, II) — id.
69. » der Bedeckung von α Virginis — XLIV.
70. » von Sonneflecken — id.
71. Messung des Durchmessers der Venus — id.
72. Ueber die Anbringung eines electrischen apparates zurBeobachtung der Fäden am Refractor des Collegio Romano — id.
73. Schreiben an Herrn Observator Pape — Bd. XLVI.
74 Beobachtungen der Cometen (II, 1857-IV, 1857-VI, 1857) — Bd. XLVII.
75. Ueber die Beleuchtung des Fadennetz im Refractor des Sternwarte des Collegio Romano durch electrisches Licht — id
76. Memoria sulle macchie solari, e del modo di determinarne la profondità — Bd. XLVIII.
77. Ueber ein Doppelbild-Micrometer — id.
78. Ueber einen merkwürdigen Sonnenflecken — id.
79. Physische Beobachtungen des Mars — Bd. XLIX.
80. Bemerkungen über die Beobachtungen der Sonne — Bd LI.
81. Ueber Beobachtungen der Temperatur und des Erdmagnetismus in Rom — id.
82. Beobachtung der Bedeckung des Saturn vom Monde — id.
83. Ueber neue Galvanische Elemente nach Daniell — id.
84. Schreiben an den Herausgeber — Bd. LII.
85. Ueber die Temperatur der Sonnenoberfläche — id.
86. Ueber die Polarisation des Mondlichts — id.
87. Beobachtungen der Mnemosyne — id.
88. » des Cometen (II, 1860) — Bd. LIII.
89. Beobachtung der Sonnenfinsterniss Juli 18 zu Desierto de las Palmas — Bd. LIV.
90. Ueber die Erscheinungen der Corona und der Protuberanzen — id.
91. Ueber die erhaltenen Photographien — id.
92. Folgerungen aus den Beobachtungen — id.
93. Ueber die Natur der Protuberanzen — id.
94. Beobachtungen des Cometen (III, 1860) — id,
95. Ueber die Erscheinungen des Cometen (III, 1860) — id.
96. Beobachtungen der Hesperia — Bd. LV.
97. » des Cometen (II, 1861) — id.
98. Bemerkungen über das Aussehen des Cometen (II, 1861) — id.
99. Beobachtungen der Hesperia (69) — Bd. LVI.
100. » des Cometen (I, 1861) — id.
101. » des Mercurdurchganges 1861 — id.
102. » des Verschwindes des Saturnringes — id.

103. Mittheilung von Nachrichten über den Cometen (II, 1861) — id.
104. Beobachtungen des Cometen (II, 1862) — Bd. LVIII).
105. Elemente des Cometen (II, 1862) — id.
106. Beobachtungen des Cometen (II, 1862) — Bd. LIX.
107. " des Cometen (III, 1862) — id.
108. Ueber die Spectra der Fixsterne — id.
109. Beschreibung eines Apparats zu diesen Untersuchungen — id.
110. Ueber die Spectra von Aldebaran, α Orionis, Pollux, Rigel, Sirius — id.
111. Ueber den in Rom befindlichen 9 zölliger Refractor von Merz — Bd. LXV
112. Ueber zwei merkwürdige Sonnenflecken — id.
113. Bemerkung zu Behrmann's Bahnbestimmung des Doppelsterns δ Cygni — Bd. LXVI.
114. Beobachtung des Doppelsterns δ Cygni — id.
115. Beobachtungen des Faye'schen Cometen — id·
116. Ueber das Ausbleiben des Biela'schen Cometen — id.
117. Beobachtungen von neuen Nebeln — id.
118. Ueber einen von Merz ausgeführten Sonnenbeobachtungsapparat — id.
119. Zeichnungen von Sonnenflecken — id.
120. Ueber Fehler der Sonnenbilder die durch Projection erhalten werden — id.
121. Beobachtungen des Cometen (I, 1866) — Bd. LXVII.
122. Bemerkungen über das Spectrum von α Orionis — id.
123. Bemerkungen über das Verhältniss der Intensitäten des Sonnenlichtes im Mittelpunkte und am Rande der Scheibe — id.
124. Mittheilung einer Zeichnung des Spectrums des Antarès — id.
125. Ueber das Spectrum von γ Cassiopeae — Bd. LXVIII.
126. Beobachtungen von Doppelsternen in dem Jahren 1864-66 — id.
127. Beobachtungen von Sonnenflecken — Bd. LXVIII, LXIX, LXX.
128. Beobachtung des Mercurdurchganges 1868 November—Bd. LXXII.
129. Bemerkungen über farbige Sterne und ihre Spectren—Bd. LXXIII.
130. Todesanzeige betr. P. N. Mancini — Bd. LXXVII.
131. Ueber beobachtungen während der Sonnenfinsterniss 1870 December — id.
132. Ueber die Vertheilung der Protuberanzen auf der Sonne — Bd. LXXIX.
133. Ueber den Veränderlichen im Schwann vom November 1876 — Bd. LXXXIX.

XIII. *Accademia delle scienze fisiche e mathematiche di Napoli.*

1. Sulla differenza di longitudine fra Napoli e Roma determinata per mezzo della trasmissione telegrafica delle osservazioni dei passaggi (in comune con E. Fergola) — Atti, Vol. V, 1871.

XIV. *L'Elettricista. Giornale diretto da* L. Cappanera.

1. Sulla legge di Ohm — Vol. I, 1876.

XV. *Accademia Tiberina.*

1. Relazione delle osservazioni fatte in Spagna durante l'ecclisse totale del 18 luglio 1860.
2. Osservazioni e ricerche astronomiche sulla grande Cometa del giugno 1861.

XVI. *Civiltà Cattolica.*

1. Ragguaglio intorno alla vita e ai lavori del P. Francesco De Vico — 1851.

XVII. *Rivista Scientifico-industriale di* G. Vimercati.

1. Sopra un nuovo metodo spettroscopico — An. III, 1871.
2. Di alcuni fenomeni avvenuti nella scarica di un fulmine — id.
3. Sull'ultimo passaggio di Venere avanti al sole nel dicembre 1874 — An. VII, 1875.
4. L'ecclisse del 29 settembre 1875 — id.
5. Di alcuni fatti relativi all'origine della grandine — An. VIII, 1876.
6. Il nuovo pianeta intermercuriale — Anno VIII, 1876.
7. Di una grandine caduta il 26 agosto 1876 a Grottaferrata e a Marino — id.
8. La nuova stella del Cigno — An. IX, 1877.

XVIII. *Smithsonian Institution*

1. Rheometry — Washington, 1849.

XIX. *Annales de la Société scientifique de Bruxelles.*

1. Lettre à M. Newcomb sur la structure du Soleil. — Vol. 1. 1876.

XX. *Ouvrages séparés.*

1. Quadro fisico del sistema solare — Roma 1859.
2. L'unità delle forze fisiche.
Deux éditions italiennes, traduit en français et en allemand.
3. Le Soleil.
Deux éditions françaises, traduit en allemand.
4. Le stelle — 1876.
5. Misura della base trigonometrica eseguita sulla via Appia per ordine del Governo Pontificio nel 1854-55. — Roma 1858.
6. Trattato di Cosmografia per uso delle scuole (sous presse).

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

PHYSIQUE, ASTRONOMIE.

—

Le micro-tasimètre d'Edison. De tous les appareils récemment imaginés par M. Edison et dont plusieurs ont déjà acquis une célébrité universelle, voici, nous semble-t-il, celui qui est appelé à rendre le plus de services dans nos laboratoires.

On sait que les thermomètres les plus sensibles ne le sont pas assez cependant pour constater et pour mesurer les variations de température si minimes qui servent de base expérimentale à la plupart des lois du rayonnement calorifique : transmission, réflexion, réfraction etc... de chaleur rayonnée.

Melloni imagina un appareil, fondé sur un principe tout différent de celui des thermomètres ordinaires, et qui, dans les circonstances très délicates, les remplace avec un immense avantage. Ravivons ces souvenirs classiques. Un courant électrique passant au-dessus d'une aiguille aimantée libre, exerce sur celle-ci une action qui rejette son pôle austral à la gauche du courant. L'écart imprimé à l'aiguille est proportionnel à l'intensité du courant, si bien qu'il peut lui servir de mesure.

Or, dans l'appareil de Melloni, les plus faibles variations de température que subissent deux métaux divers soudés l'un à l'autre, dans la région même de la soudure, font naître un courant électrique dont l'intensité est proportionnelle à la variation de température.

Que l'on fasse passer ce courant dans le voisinage de l'aiguille aimantée. L'écart subi par l'aiguille mesurera l'intensité du courant, et l'intensité du courant étant proportionnelle à la variation de température, il mesurera du coup l'étendue de cette variation. Voilà bien la pile thermo-électrique et son galvanomètre.

Ce procédé d'évaluation est d'une sensibilité extrême. Un bon appareil de Melloni en relation avec un bon galvanomètre peut trahir la chaleur rayonnée par la main à un mètre de distance.

L'appareil de M. Edison, beaucoup plus simple, promet des résultats plus surprenants.

Une pile voltaïque, suffisamment constante, donne naissance à un courant électrique qui parcourt les spires d'un galvanomètre et en actionne l'aiguille aimantée. Avant de pénétrer dans le galvanomètre le courant, en suivant le fil métallique issu de la pile, doit traverser l'épaisseur d'une lame de charbon serrée entre deux lames de platine; après quoi il retrouve le fil normal qui le conduit au galvanomètre. Il se trouve ainsi affaibli par la résistance du charbon; mais cet affaiblissement sera d'autant moins considérable, que la pression des deux lames de platine sur la rondelle de charbon sera plus énergique. Il suit de là que l'intensité du courant pourra servir de mesure à l'énergie de la pression exercée par les lames.

Ceci posé, imaginons un socle de fonte duquel émergent, à distance d'une quinzaine de centimètres, deux talons d'acier inébranlables. Posons contre l'un de ces talons le petit système des lames de platine et de charbon. A travers le second talon faisons passer une vis à pas très fin, et entre la vis et les rondelles, établissons un petit cylindre de bois, de métal ou d'ébonite. Nous pouvons ainsi, en avançant ou en reculant la vis, augmenter ou diminuer la pression exercée par les lames de platine sur la rondelle, et par conséquent augmenter ou diminuer l'intensité du courant qui actionne le galvanomètre; nous verrons donc augmenter ou diminuer l'écart subi par l'aiguille aimantée.

Nous venons de décrire le micro-tasimètre de M Edison. Il nous reste à dire comment il sert à l'usage dont nous parlions plus haut : à la mesure de minimes variations de température. Le voici.

Établissons l'appareil tel que nous venons de le décrire et règlons la vis de manière à ce que la pression soit à peu près au minimum et l'écart de l'aiguille très faible.

Je suppose que le petit cylindre qui transmet la pression de la vis aux rondelles soit en un métal très dilatable. La plus légère variation de température qu'il éprouvera se manifestera par un racourcissement ou un allongement de son axe, et si minime que soit cette modification de sa longueur, elle diminuera ou augmentera la pression des rondelles; finalement elle diminuera ou augmentera l'écart de l'aiguille. On le voit, l'appareil est fort simple; la manipulation en est aisée et les indications exactes. S'il faut en croire le journal américain auquel nous devons la première description du micro-tasimètre, un cylindre ou une bande mince de caoutchouc durci, placée entre la vis et les rondelles, montre une sen-

sibilité extrême; la simple approche de la main, à dix pouces, fait dévier l'aiguille de plusieurs degrés.

Une lame de mica détermine le même écart, mais en sens inverse, quand on la met en présence d'un morceau de papier mouillé. Pour des expériences plus délicates, le micro-tasimètre est relié au galvanomètre réflecteur de Thomson, avec toutes les précautions d'usage en ces circonstances (rhéostat, pont de Wheatstone, etc.). Les déviations obtenues alors sont telles que le rayon lumineux, réfléchi par le miroir du galvanomètre, est jeté très vivement en dehors des limites de l'échelle.

Si bien que M. Langley, un des astronomes les plus distingués des États-Unis (Observatoire d'Alleghany) ne désespère pas d'obtenir, à l'aide du micro-tasimètre, des données précises et rigoureuses sur la distribution de la chaleur dans le spectre des étoiles (1).

Rhéostat de M. Edison. Dans de très nombreuses expériences de Physique, et plus encore dans les recherches, il est essentiel de pouvoir régler l'intensité d'un courant électrique. On le peut difficilement en agissant sur la pile destinée à lui donner naissance, et l'on se voit obligé le plus souvent à agir sur le circuit métallique que le courant traverse. Toutes choses égales d'ailleurs, l'intensité d'un courant est en raison inverse de la résistance que le circuit offre à son passage. Augmenter ou diminuer cette résistance est donc un moyen de diminuer ou d'augmenter l'intensité d'un courant, et par conséquent de la règler. Les appareils qui servent à cet usage portent le nom de rhéostat, et généralement, leur jeu revient à allonger ou à raccourcir le conducteur quelconque, métallique ou liquide, à travers lequel le courant électrique doit se frayer une issue.

Le rhéostat imaginé per M. Edison est aussi simple que les anciens rhéostats sont encombrants.

Imaginez un cylindre de verre ou d'ébonite à base de cuivre, posé sur un socle : dans le cylindre une cinquantaine de rondelles découpées à l'emporte pièce dans une bande de soie enduite de plombagine sur ses deux faces. Le cylindre est fermé par une plaque de bronze portant au centre une vis de pression à large base, et qui sert à comprimer plus ou moins la colonne des rondelles plombaginées. Tel est le rhéostat d'Edison. Le courant entre par la base du cylindre, traverse la série des rondelles, avec plus ou moins d'aisance d'après qu'elles sont plus ou moins comprimées, et émerge par le couvercle de bronze.

La résistance de ce rhéostat oscille entre 400 et 6000 ohms. On peut du reste faire varier ces limites en faisant varier le nombre des rondelles de soie (2).

Gyroscope électro-magnétique de M. G. Hopkins. — C'est en sep-

(1) *Scientific American*. 22 Juin 1878.
(2) *Scientific American*, 21 juillet 1878.

tembre 1852 que Foucault institua, sous la coupole du Panthéon de Paris, l'expérience fameuse dans laquelle les oscillations du pendule devaient montrer aux yeux la rotation de notre globe autour de son axe polaire.

Si le plan d'oscillation du pendule paraît, à nos yeux, se déplacer, c'est que nos yeux se déplacent eux-mêmes, et s'ils sont demeurés en repos relativement au sol et aux objets voisins, c'est que le sol lui-même avec les objets qu'il porte s'est déplacé dans l'espace. En réalité, on voyait le plan d'oscillation du pendule avancer dans l'espace en sens inverse du mouvement de la terre.

Mais le plan d'oscillation du pendule n'est pas seul soustrait au mouvement de la terre; le plan de rotation d'un disque, soustrait lui-même à l'action de la pesanteur, est également invariable. Cette seconde loi devint le point de départ d'un nouvel instrument : le gyroscope de Foucault, appareil très délicat et très rare.

Ici un disque à bords épais, aminci au centre, est suspendu par un dispositif assez compliqué de manière à ce que, dans toutes ses positions, l'action de la pesanteur sur lui soit équilibrée par la résistance des supports. On donne au disque un mouvement de rotation très rapide, 2 à 300 tours par seconde, et on le suspend. On voit alors le plan de rotation se déplacer comme se déplaçait le plan d'oscillation du pendule.

Quand on expérimente avec cet appareil, on ne tarde pas à trouver fastidieux de devoir sans cesse dépendre le tore, le replacer sur l'appareil à rotation et lui rendre une vitesse qui s'épuise très rapidement.

M. Hopkins a pleinement obvié à cet inconvénient en imaginant son gyroscope électro-magnétique. Ici l'appareil moteur n'est plus séparé du disque ou du tore, il est invariablement fixé au tore lui-même et suspendu avec lui dans les cadres. La force motrice n'est plus l'énergie du poignet, c'est l'action d'un courant électrique traversant les spires de deux électro-aimants : elle est inépuisable et constante, elle maintient à un degré toujours le même la vitesse de rotation du tore.

Nous n'entrerons pas dans les détails de construction de cet appareil, analogue à la plupart des électromoteurs de nos musées de physique. Bornons-nous à ceci. La partie amincie du disque ou du tore porte de part et d'autre, suivant des diamètres perpendiculaires, un barreau magnétique.

Sur les deux montants du cadre où sont fixés les coussinets destinés à l'axe du disque, sont établis des électro-aimants dont la polarité change par le fait d'un commutateur établi lui-même sur l'axe du disque. On devine le jeu de ce moteur. Ajoutons que l'ensemble du système magnétique a été disposé de manière à rendre l'appareil aussi astatique que possible, c'est-à-dire à annuler l'une par l'autre les actions qu'exerce l'attraction magnétique du globe sur les divers pôles des aimants mis en présence.

Six couples Bunsen suffisent à donner au tore la rapidité désirable.

La découverte d'une planète intra-mercurielle — Le 5 août de cette année, M. Mouchez faisait à l'Académie des Sciences la communication

suivante : « Une importante nouvelle astronomique nous est arrivée des États-Unis. L'habile astronome d'Ann-Arbor, M. Watson, a aperçu pendant l'éclipse totale de soleil du 29 juillet, un astre de 4e grandeur situé à 2 degrés du Soleil (AR = 8 h. 26 m., D = 18°0'). L'étoile la plus près de cette position est θ de l'Écrevisse (AR = 8 h. 24 m., D = 18°30') qui est de 5e grandeur. Cette différence de grandeur et de position permet de supposer que c'est très probablement la planète Vulcain qui a été de nouveau aperçue par M. Watson. On sait que Le Verrier avait trouvé que certains déplacements du périhélie de l'orbite de Mercure ne pouvaient s'expliquer que par la présence d'une planète plus près du soleil; en compulsant les observations anciennes relatives au passage d'un astre sur le soleil, Le Verrier en avait trouvé cinq, parmi lesquelles celle du Dr Lescarbault, qui s'accordaient assez bien pour se rattacher à une même orbite; il fit alors construire, dans le terrain Arago, situé derrière l'observatoire, un grand appareil à l'aide duquel il espérait atténuer suffisamment la lumière du Soleil pour permettre d'en explorer les alentours et d'y rendre visible l'astre inconnu dont l'existence lui semblait parfaitement démontrée.

» Ses recherches, arrêtées par sa maladie, furent sans résultat; mais la nouvelle éclipse totale du 29 juillet, visible aux États-Unis, était une précieuse occasion de refaire ces recherches avec plus de succès. Nous devons vivement féliciter M. Watson d'avoir su profiter de cette heureuse circonstance pour faire cette belle observation, que l'Académie ne peut manquer de recevoir avec une grande satisfaction, car c'est une nouvelle consécration de la gloire scientifique de Le Verrier (1). »

Le 14 août M. Watson écrivait à M. Fizeau une lettre, communiquée plus tard (2 septembre) à l'Académie, et dans laquelle il donnait avec plus de précision les détails de sa découverte. « Pendant la récente éclipse totale de soleil, je me suis consacré exclusivement à la recherche d'une planète intra-mercurielle, et j'ai le plaisir de vous informer que mes efforts ont été couronnés de succès. Dans le but d'éviter la possibilité d'une erreur résultant de lectures fautives sur les cercles divisés, pour le cas où la planète serait aperçue, je plaçai sur les cercles de l'instrument des disques de papier-carte, sur lesquels les directions de la lunette, tant en ascension droite qu'en déclinaison, pouvaient être pointées au moyen d'un mécanisme inscripteur. Avant et après la phase, les positions du Soleil furent ainsi marquées sur les cercles de papier, en sorte que les observations se trouvent rapportées directement au soleil.

» Pendant le cours de cette recherche, je rencontrai une étoile de 4e grandeur, laquelle brillait d'une lumière rougeâtre et présentait un disque sensible, bien que le grossissement de la lunette ne fût que de 45. J'en marquai la position sur les cercles de papier et ensuite je la vérifiai une seconde fois. Je constatai en outre, qu'il n'y avait dans l'astre aucune apparence de forme allongée, telle qu'aurait dû l'offrir une comète, dans

(1) *Comptes rendus de l'Ac. des Sc.* 5 août 1878.

cette position par rapport au soleil. D'après ce qui précède, je me crois autorisé à considérer l'astre dont il s'agit comme étant la planète dont M. Le Verrier avait prédit l'existence.

» Depuis mon retour à Ann-Arbor, j'ai monté les cercles employés à l'observation sur un cercle gradué, et j'ai relevé les positions marquées. Je suis ainsi en mesure de donner la position de la planète avec une exactitude considérable. Le résultat que j'ai obtenu est le suivant :

» Washington, temps moyen : 1878, juillet, 29, 5 h. 16 m.

» Ascension droite : 8 h. 26 m. 54 s.

» Déclinaison : + 18°16'. »

On me permettra d'entrer dans quelques détails sur cette brillante découverte. Elle est moins importante en elle-même que par la consécration qu'elle donne aux théories astronomiques, et je voudrais, qu'à ce point de vue, chacun en pût apprécier la portée.

Le nombre des planètes aujourd'hui connues s'élève à 187. Cinq d'entre elles étaient connues des anciens : Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne. — En 1781, W. Herschel découvrit Uranus ; en 1846, Le Verrier démontrait l'existence de Neptune, et Galle de Berlin l'apercevait dans le champ d'une lunette dirigée d'après les calculs de l'astronome francais. — Ces huit planètes sont appelées planètes principales ; toutes les autres, situées entre Mars et Jupiter, sont appelées planètes télescopiques. Quand on observe le mouvement apparent d'une planète et que l'on en reproduit la trajectoire, on ne la peut représenter que par une courbe fort compliquée. L'astre, d'abord animé d'un mouvement de même sens que celui du soleil, paraît, au bout d'un certain temps, ralentir sa marche, stationner immobile, puis revenir sur ses pas, s'arrêter de nouveau, reprendre sa direction première, s'arrêter encore et ainsi de suite, si bien que sa trajectoire forme une courbe à œillets, qu'on ne peut mieux comparer qu'à une vrille de plante grimpante aplatie dans un herbier. Pour rendre compte de ce mouvement bizarre, on admettait autrefois que la planète se meut suivant un cercle, dont le centre se meut lui-même suivant un autre cercle, etc., c'est-à-dire la théorie fameuse de l'épicycle et du déférent. Toute cette complication effrayante disparaît, si au lieu de prendre pour observatoire la terre supposée immobile, on rapporte le mouvement de la planète au soleil comme à un centre invariable dans l'espace. La trajectoire de l'astre devient alors une ellipse dont le soleil occupe un des foyers : courbe simple, régulière, dont le petit axe seul varie.

Kepler, en étudiant le mouvement des planètes ainsi conçu, l'avait défini par trois lois fameuses qui ont gardé son nom.

1e loi. Les orbites des planètes sont des ellipses dont le soleil occupe un des foyers.

2e loi. Les aires décrites par les rayons vecteurs (1) sont proportionnelles aux temps mis à les décrire.

(1) On appelle rayon vecteur une droite reliant à l'un des foyers un point quelconque de l'ellipse. Dans le cas actuel, cette droite relie au foyer le centre de la planète qu'elle suit dans ses mouvements, décrivant ainsi dans l'espace une aire variable avec le temps.

3e loi. Le carré du temps de la révolution de l'astre est proportionnel au cube du grand axe de son orbite.

Ces trois lois n'étaient que l'expression d'un fait. Elles redisaient sous une formule abrégée les résultats de l'observation.

Newton s'en empara et de son regard d'aigle il chercha quelle était la force capable de produire un tel mouvement?

De la deuxième loi de Kepler, par un procédé d'analyse exposé aujourd'hui dans tous les traités de mécanique rationnelle, il déduisait que l'action de cette force s'exerce à chaque instant suivant la ligne droite qui joint la planète au soleil.

De la troisième, il déduisait que l'intensité de cette force devait être proportionnelle aux masses des corps en présence (le soleil et la planète) et inversement proportionnelle au carré de leur distance.

Puis, imaginant qu'une planète, à laquelle on aurait donné une vitesse initiale quelconque, fût soumise à l'attraction d'une force agissant comme nous venons de le dire, il trouva qu'elle décrirait dans l'espace ou une hyperbole ou une parabole, ou une ellipse dont le siége de la force attractive occuperait un foyer — ce qui le ramenait à la première loi de Kepler.

Ainsi fut conçue cette grande loi de la gravitation universelle, qui depuis cette époque régna, non-seulement en astronomie, mais dans toutes les sciences physiques.

Il s'est passé du temps depuis lors, c'était au XVIIe siècle. Et toutefois, de nos jours encore on rencontre à de rares intervalles, quelque demeurant des vieux âges, épris des épicycles et des déférents, qui ne se pouvant consoler de les voir tombés dans un oubli si profond et si définitif, se prend d'une colère sourde contre les lois rivales et, ne pouvant davantage, les croit bien malmener en les traitant d'hypothèses.

Hypothèses, soit, mais voyons un peu leur histoire.

L'ellipse décrite par la planète n'est pas aussi régulière que nous l'avons laissé entendre. En fait, elle présente des perturbations, des inégalités (1).

Imaginons l'ellipse très régulière que suivrait une planète attirée par le soleil, d'après la loi newtonienne. Si on lui compare la trajectoire vraie de la planète on voit que celle-ci, sans s'écarter jamais beaucoup de celle-là, oscille cependant de part et d'autre comme une nacelle en louvoyant oscille autour de la ligne de thalweg d'un fleuve. C'est ce que l'on appelle les inégalités périodiques de la planète.

On appelle inégalités séculaires des variations progressives des éléments de l'ellipse réelle, comparés aux éléments de l'ellipse fictive et régulière, imaginée plus haut. D'où viennent ces perturbations, ces inégalités, les unes à courte période, les autres à période séculaire?

(1) Kepler, qui avait établi ses lois en partant d'observations peu précises faites par Ticho-Brahé, n'avait pas eu connaissance de ces perturbations. Il faut peut-être s'en féliciter; qui sait s'il n'eût pas reculé devant l'énoncé de sa première loi?

La réponse est aisée. Une planète n'est pas soumise seulement à l'attraction du soleil, elle l'est encore à l'attraction de toutes les autres planètes; et, quand on applique à l'ensemble des corps en présence les lois newtoniennes, il se trouve que ces inégalités et ces perturbations sont des conséquences fatales, nécessaires de ces lois, et qu'elles rentrent de plain pied dans la règle universelle.

Voilà certes une hypothèse bien avisée ! Newton la conçoit en négligeant les perturbations et, quand il l'a conçue, il se trouve qu'elle les explique. Mais ce n'est point tout.

On cherche à expliquer les perturbations d'Uranus attribuées surtout à Jupiter et à Saturne. Laplace les avait calculées dans sa *Mécanique céleste*. A. Bouvard les veut représenter; il y rencontre des difficultés imprévues et il se demande « si quelque action étrangère n'aurait pas influencé la marche de la planète ? »

En 1829, Hansen, préoccupé du même objet écrit à Bouvard « que pour expliquer le désaccord entre la théorie et l'observation, il fallait recourir à deux planètes inconnues. » — En 1840, Bessel de Kœnigsberg écrit à de Humboldt : « Je pense qu'un moment viendra où la solution du mystère d'Uranus sera peut-être bien fournie par une nouvelle planète, dont les éléments seraient reconnus d'après son action sur Uranus et vérifiés par son action sur Saturne. »

Vivement encouragé par Arago, Le Verrier s'empare de cet immense problème, et en moins d'un an, il établit d'abord la vraie valeur des perturbations introduites dans l'orbite d'Uranus par Jupiter et Saturne (1).

Il démontre ensuite que ces perturbations calculées ne suffisent pas à rendre compte des perturbations vraies de la planète : et il se voit conduit à se demander : « Est-il possible que les inégalités d'Uranus soient dues à l'action d'une planète située dans l'écliptique à une distance moyenne double de celle d'Uranus ? S'il en est ainsi, où est actuellement cette planète ? Quelle est sa masse ? Quels sont les éléments de l'orbite qu'elle parcourt (2) ? »

Enfin, dans un dernier travail il détermine la masse de cette planète invisible, les éléments de son orbite, et supposant sa densité égale à celle d'Uranus, il calcule son diamètre apparent : environ trois secondes d'arc ; enfin il limite une zone étroite du ciel où les observateurs devront chercher l'astre inconnu (3).

Mais n'est-il pas d'un cerveau malade de procéder ainsi ? Quoi ! à une distance de nous égale à plus de 30 fois celle qui nous sépare du soleil, rêver un astre que nul œil humain n'a jamais vu, déterminer en chiffres précis sa masse, sa densité, son diamètre, la durée de ses révolu-

(1) *Premier mémoire sur la théorie d'Uranus*, 10 nov. 1845.

(2) *Recherches sur les mouvements d'Uranus*, 1 juin 1846.

(3) *Sur la planète qui produit les anomalies observées dans Uranus, détermination de sa masse, de son orbite et de sa position actuelle*. 31 août 1846.

tions, son excentricité, etc... fixer la place qu'il occupe au sein de l'espace immense; et tout cela en partant de quoi ?... d'une hypothèse, d'une pure et simple hypothèse ?

Eh bien, oui! Le 18 septembre 1846, M. Le Verrier écrit à M. Galle et le prie de rechercher la planète; M. Galle reçoit la lettre le 23; le soir même il braque son puissant équatorial sur la région du ciel fixée par Le Verrier... la planète était au poste.

La découverte de Vulcain vient de donner aux théories newtoniennes une seconde confirmation et d'une force démonstrative égale.

Des perturbations de l'orbite de Mercure, étudiées par Le Verrier, ne pouvaient avoir d'autre cause que la présence d'une ou de plusieurs planètes situées entre le soleil et Mercure.

Le Verrier entreprit pour ces astres invisibles le même calcul qu'il avait entrepris autrefois pour Neptune, il détermina ainsi quatre orbites possibles, le long desquelles ils pouvaient cheminer dans l'espace.

Mais il était particulièrement difficile de trouver dans le champ d'une lunette, ces planètes que l'analyse mathématique découvrait au bout de ses calculs. La lumière surabondante du soleil noyait la lumière de la planète et l'empêchait d'exercer sur l'œil des astronomes une impression distincte. Il n'y avait guère d'espoir de les voir apparaitre que durant les éclipses de soleil.

Toutefois, à diverses reprises on avait vu des taches circulaires noires traverser assez rapidement le disque du soleil pour ne pas pouvoir être confondues avec les taches solaires. N'étaient-ce point autant d'éclipses produites par le passage des planètes intra-mercurielles?

Le Verrier discuta ces observations et prouva que cinq d'entre elles pouvaient se rapporter à une seule et même planète, dont il fixa l'orbite et qui fut baptisée du nom de Vulcain. Ces observations étaient dues à

Fritsch	1802, octobre, 10
de Cuppis	1839, octobre, 2
Sidebotham.	1849, mars, 12
Lescarbault.	1859, mars, 26
Lummis	1862, mars, 20

M. Hind fit remarquer plus tard qu'une sixième observation (Stark, 1819, octobre, 9) se trouvait également expliquée par cette hypothèse.

C'est cette même planète, Vulcain, que M. Watson vient d'apercevoir, non plus dans son passage sur le disque du soleil, mais directement et dans le voisinage de l'astre.

M. Gaillot, à la demande de M. E. Mouchez, a recherché à laquelle des quatre orbites calculées par Le Verrier la planète Watson devait se rapporter, et il s'est vu amené aux conclusions suivantes : C'est à la première orbite calculée qu'il faut ramener la planète. « L'objection la plus sérieuse qui pourrait être opposée à l'identification de la planète observée avec celle qui se mouvrait sur l'orbite (I), c'est qu'une faible partie seulement du disque de celle-ci eût été éclairée pour nous. Sans nier ce que

cette objection a de réel, nous pouvons faire observer que M. Watson signale comme un astre de quatrième grandeur, une planète dont le diamètre peut être comparable à celui de Mercure...

» De ce qui précède nous ne pouvons, sans aucun doute, conclure à l'identité de la planète Watson avec celle dont Le Verrier a indiqué la marche. Nous voulions seulement montrer, et c'est ce que nous croyons avoir fait, qu'il n'y a aucune incompatibilité entre l'astre réel et l'astre supposé. Pour trancher définitivement la question, il faut d'autres observations (1). »

Avouons-le, quand une hypothèse, si pure et si simple qu'elle soit, permet à l'esprit humain de s'en aller à travers les espaces, à des distances qui défient l'imagination, chercher des astres inconnus et invisibles; quand elle lui indique sans hésitation le chemin à parcourir pour rencontrer ces planètes que nul n'avait pu voir; quand à chaque fois qu'elle fait à l'esprit humain ces mystérieuses annonces, il se trouve qu'elle a dit vrai et que l'astre est au poste; eh bien, cette pure hypothèse, cette simple hypothèse revêt un caractère de probabilité tel que beaucoup de nos certitudes morales le lui pourraient envier.

Après tout, en dehors des vérités religieuses que notre esprit n'a pas découvertes, mais qu'il a reçues, en dehors des vérités métaphysiques dont il trouve en lui-même comme le germe et le développement, que sont les vérités qui forment l'ensemble de nos connaissances?... Des hypothèses, de pures et simples hypothèses... Toutes les sciences d'observation — je n'en excepte aucune, pas même la psychologie — toutes procèdent ainsi : elles observent des faits ou des séries de faits consécutifs, et elles les rattachent entre eux par une hypothèse sur la nature et le jeu de leur cause. Si l'hypothèse explique, totalement et sans complication inutile, la série des phénomènes pour lesquels elle a été imaginée; si du reste elle n'est exclue ni par des faits contraires, ni par d'autres hypothèses mieux établies, elle est admise comme certitude, notre esprit s'appuie sur elle sans avoir à redouter prudemment de tomber dans l'erreur.

Eh bien, l'hypothèse newtonienne explique totalement, sans ombre de complication inutile, sans rencontrer, dans quelque sens que ce soit, aucune autre hypothèse sérieuse, elle explique seule tout l'ensemble si divers et si vaste des phénomènes astronomiques. Elle fait mieux... elle découvre — nous venons de le voir — des mondes nouveaux inaccessibles à l'observation la plus assidue... Quelle est l'hypothèse qui peut se réclamer de découvertes semblables? de quel droit donc, pour elle seule, conserverait-on ce petit accent de dédain : « pure hypothèse?... »

V. Van Tricht, S. J.

(1) *Comptes rendus de l'Ac. des sc.* 5 août 1878.

THÉRAPEUTIQUE.

—

Recherches expérimentales sur l'action de l'arsenic sur l'organisme (1). — Le Dr Th. Gies a institué dans son laboratoire de Rostock des expériences pour rechercher l'influence de l'arsenic sur la croissance des os. Des lapins, des coqs et des cochons ont été soumis pendant quatre mois à une alimentation contenant des doses graduellement croissantes d'acide arsénieux. On donnait par jour de 0,0005 à 0,007 d'arsenic aux lapins, de 0,001 à 0,08 aux coqs et de 0,0005 à 0,005 aux cochons. Les animaux devenaient plus pesants et plus gras, en même temps que l'épiphyse et le corps des os augmentaient de volume; par contre la moelle diminuait d'épaisseur et de consistance. Les os plats du crâne, les corps des vertèbres et les os du bassin perdaient leur substance osseuse spongieuse, qui était remplacée par un tissu compact et solide. En dessous des épiphyses, on remarquait que les couches corticales des os, où se manifestait un accroissement de tissu osseux et une formation de nouveaux vaisseaux, étaient inégales, poreuses et analogues à de la pierre-ponce. Les os du poignet et du coude-pied, qui à l'état normal sont exclusivement constitués par du tissu spongieux, étaient, chez les animaux soumis à l'arsenic, formés d'un tissu compact, et sous les cartilages épiphysaires (spécialement de l'humérus et du fémur), on trouvait une couche de tissu osseux compact et dur. L'examen microscopique de cette substance osseuse de nouvelle formation démontra qu'elle diffère de la substance osseuse normale, en ce que les lamelles osseuses sont plus épaisses et plus massives, leurs interstices plus petits et plus étroits, et les corpuscules osseux également moins volumineux. Ces modifications de structure se sont manifestées déjà après une alimentation d'arsenic ayant duré 19 jours.

Comme l'acide arsénieux s'élimine par la peau et les poumons, on constata que des animaux, soumis à une alimentation normale, mais se trouvant dans le même réduit que ceux nourris par l'arsenic, présentèrent aussi les mêmes phénomènes d'arsénicisme.

Si les doses d'arsenic sont trop fortes, on observe, au lieu de la modification osseuse, une hypérémie intense des intestins et une dégénérescence graisseuse très prononcée des organes glandulaires.

Enfin on a trouvé les mêmes altérations des os chez les jeunes animaux, qui ne recevaient l'arsenic que par l'intermédiaire de leur mère, celle-ci étant soumise à cette expérience pendant sa portée.

Ces recherches intéressantes démontrent l'utilité des préparations arsénicales dans certaines affections du système osseux. Peut-être a-t-on trop négligé jusqu'ici cette application spéciale de ces médicaments.

(1) *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmacologie*, VIII, p. 175, 1878.

Du pansement de Lister. — Depuis que M. Lister a fait connaître le mode de pansement qu'il a imaginé, de nombreux travaux ont été publiés sur ce point. Il est peu de nouveautés médicales qui aient plus vite fait leur chemin que cette méthode de pansement. Il n'est peut-être pas un seul grand hôpital, où l'on n'ait introduit ce procédé, dont on use pour toutes les opérations. Il n'y a pas à douter que dans les hôpitaux, où les conditions hygiéniques laissent souvent à désirer, on ne retire les plus grands avantages de la méthode antiseptique de Lister. Il y a quelques semaines, un des chirurgiens de l'hôpital de Hambourg m'avouait qu'on avait dû, depuis plusieurs années, renoncer à un certain nombre d'opérations graves, dont l'issue était inévitablement fatale; toutes se terminaient par la résorption purulente et la mort de l'opéré. Aujourd'hui que le pansement de Lister est largement employé, on ne recule plus devant aucune opération ; on pratique les résections, les amputations, les désarticulations sans aucune crainte, et les cas d'infection purulente sont devenus excessivement rares.

Dans tous les hôpitaux que j'ai récemment visités en Suède et en Norvége, on a également recours au pansement de Lister, toujours avec succès; et partout on déclare que la mortalité dans les salles de chirurgie a considérablement diminué depuis cette introduction.

Le principe de ce pansement est connu de tous. M. Lister a cherché à empêcher le plus possible l'accès de l'air chargé des germes des vibrions moteurs de la fermentation putride. Dans ce but il fait un large usage de l'acide phénique; c'est ainsi que tout ce qui viendra en contact avec la plaie doit, au préalable, être purifié par l'acide phénique; tels sont les mains des opérateurs et des aides, les instruments tranchants, les ligatures des artères et de la plaie, les drains devant servir à l'écoulement des liquides sécrétés par la plaie, les pièces de pansement, etc... En outre, on doit tuer les germes animalisés qui se trouvent dans l'air venant en contact avec la plaie; cela s'obtient par des pulvérisations d'acide phénique, que l'on pratique non-seulement pendant toute la durée de l'opération, mais aussi chaque fois que l'on doit renouveler le pansement.

Toutes ces manœuvres ont été suffisamment décrites; les résultats de ce pansement ont été souvent exposés, avec chiffres à l'appui, dans différents recueils périodiques. La plupart de ces travaux ont eu exclusivement pour but de montrer les avantages du procédé. Il n'est pas inutile d'en faire ressortir les inconvénients, voire même les dangers. Or un premier danger auquel les opérés sont exposés est l'intoxication par l'acide phénique. C'est ce qu'a cherché à démontrer le Dr Sonnenburg, de Strasbourg (1). Plusieurs fois déjà on a signalé des cas d'empoisonnement à la suite de l'usage externe de l'acide phénique (Ferrand, Volkmann, Hoppe-Seyler, etc.). Les premiers symptômes de cette intoxication sont un état de collapsus plus ou moins intense, des vomissements, une

(1) Zur Diagnose und Therapie der Carbolintoxikationen. *Deutsche Zeitschr. f. Chir.* IX. 3. 4. 1878.

élévation de la température, etc. L'acide phénique agit d'une manière très variable, suivant les individus, quelques-uns sont assez sensibles à son action, d'autres beaucoup plus réfractaires. Un des symptômes les plus constants de l'intoxication phéniquée est fourni par la sécrétion urinaire; ce liquide renferme ordinairement dans ce cas une plus grande quantité d'acide sulfurique, tandis que les sulfates sont diminués (1). Aussi un moyen assez efficace contre cette intoxication est d'administrer du sulfate de soude. Cette médication interne permet le plus souvent de continuer l'usage externe de l'acide phénique, malgré l'intoxication débutante.

Cet inconvénient de l'acide phénique et d'autres encore ont inspiré aux chirurgiens l'idée de remplacer cet agent antiseptique par d'autres; c'est ainsi que le prof. Thiersch, de Leipzig, a employé l'acide salicylique, au lieu de l'acide phénique (2). Il se loue beaucoup de ce médicament; et il cite une longue statistique à l'appui. L'acide salicylique offre encore cet avantage d'être moins cher que l'acide phénique, et de ne pas présenter cette forte odeur, qui s'imprègne dans les vêtements de l'opérateur, au point d'être quelquefois assez désagréable.

D'autres ont remplacé le désinfectant phéniqué par le thymol (3). Ce corps a été obtenu déjà en 1727 par Neumann, et se présente sous une forme cristalline, analogue au camphre. Ce médicament est encore assez cher; mais cet inconvénient est minime, parce que les doses auxquelles on l'emploie sont moindres (1 ‰). On prétend que ses propriétés antiseptiques sont bien plus actives que celles de l'acide phénique, et que d'autre part son action toxique sur l'organisme humain est dix fois moindre que celle de ce dernier corps.

Un grand avantage du thymol serait de conserver ses propriétés antiseptiques plus longtemps que l'acide phénique, de sorte qu'on doit renouveler beaucoup moins souvent le pansement; en outre son action sur la plaie étant moins irritante, les sécrétions de celle-ci sont moins abondantes; enfin il paraîtrait que la guérison est plus rapide avec le thymol qu'avec l'acide phénique.

Un troisième succédané de l'acide phénique est l'acide borique, qui est recommandé par le Dr Crédé (4). Ce médecin a appris à connaître l'action antiseptique de l'acide borique chez M. Lister lui-même. Le pansement à l'aide de ce corps se conserve longtemps et est plus facile à appliquer que celui par l'acide phénique.

Il est difficile de se prononcer sur la valeur relative de ces différents

(1) Baumann. *Archiv für Physiologie*. XIII, p. 285.

(2) Klinische Ergebnisse der Lister'schen Wundbehandlung und über den Ersatz der Carbolsäure durch Salicylsäure, *Sammlung Klinischer Vorträge*, nos 84 et 85.

(3) Ueber das Thymol u. seine Benutzung bei der antiseptischen Behandlung der Wunden. *Samml. Klin. Vortr.*, no 128.

(4) Ueber Borsäure als verbandmittel (*Berl. Klin. Wochenschrift* XIV, 22, 1877).

désinfectants. Chaque chirurgien trouve ordinairement plus d'avantages dans celui qu'il emploie; n'est-ce pas souvent dû au maniement plus entendu d'un corps auquel on est habitué? Quant à moi, j'ai fait un large usage de l'acide phénique; je n'y ai jamais trouvé d'inconvénients sérieux; les bienfaits que j'en ai retirés sont immenses, non-seulement dans les pansements opératoires, mais aussi et surtout pour ces blessures graves et compliquées qui se rencontrent principalement chez les ouvriers des grandes industries.

Les indications des eaux minérales dans les maladies chroniques et leurs actions thérapeutiques, par le Dr Durant-Fardel (1). — Les eaux minérales sont des agents thérapeutiques, d'une action puissante et réelle, qu'il est même difficile d'expliquer, vu l'exiguité des doses de principes actifs que ces eaux contiennent. Il est bien vrai que souvent l'influence des eaux est aidée par l'ensemble des conditions hygiéniques qui entourent les malades : tels sont le changement d'air, de climat, de milieu; le régime spécial auquel on s'astreint, etc... Cependant les cures, parfois extraordinaires, que l'on peut obtenir à l'aide des eaux minérales, même prises à domicile, prouvent surabondamment leur grande efficacité. Aussi, je pense que l'on n'y a pas encore suffisamment recours, et que très souvent dans la pratique on néglige, par oubli ou par ignorance, d'ordonner ce traitement dans ces maladies chroniques et rebelles, qui font le désespoir du médecin, du malade et de la famille.

A mon avis, une des grandes causes de cet état de choses provient du défaut d'indications nettes et positives des différentes eaux pour les divers cas auxquels elles sont applicables. Un bon traité, à l'usage des médecins praticiens, est à faire sous ce rapport.

M. le Dr Durant-Fardel, l'auteur d'un grand ouvrage sur les eaux minérales, a cherché à combler cette lacune dans l'article que nous analysons. Il commence par se poser cette double question, qui se présente naturellement dans toute maladie chronique : pourquoi cette maladie s'est-elle développée? pourquoi dure-t-elle? Trois ordres de faits sont à examiner :

1° Les états diathésiques ou constitutionnels; l'auteur cherche à éclairer ce point si obscur et si difficile de la médecine; je ne dirai pas qu'il a réussi dans sa tentative; bien des desiderata existent encore sous ce rapport et retardent la solution de ce problème de la diathèse, du tempérament, etc.... Le Dr Durant-Fardel montre assez clairement quelle donnée on peut tirer de ce fait pour ce traitement;

2° Les conditions hygiéniques, dont les infractions habituelles occasionnent souvent des maladies chroniques;

3° La vénosité abdominale. On sait que la circulation veineuse abdominale est double, et que les deux circulations, tout en étant autonomes, sont cependant reliées entre elles par des vaisseaux collatéraux; on sait

(1) *Bulletin général de thérapeutique;* nos 15, 30 mai, 15 et 30 juin 1878.

aussi, qu'à la différence de la circulation veineuse générale, qui se fait d'une manière régulière et égale, celle de la cavité abdominale subit des variations et des irrégularités assez grandes. Ces irrégularités peuvent facilement dépasser les limites normales, d'où naissent des conditions morbides spéciales, qui sont souvent l'origine d'affections chroniques. Ces faits se produisent principalement à cet âge de la vie, où l'action du temps s'est fait sentir sur le système veineux abdominal et a multiplié les occasions de trouble dans son fonctionnement.

L'auteur cherche ensuite à donner une idée générale de la médication thermale ; il montre toutes les difficultés que présente l'analyse thérapeutique des eaux minérales. Cette difficulté tient d'abord à la composition complexe de ces eaux ; c'est ainsi qu'on les divise en eaux sulfurées, chlorurées et bicarbonatées, d'après le principe qui y prédomine; il en est d'autres cependant dont la minéralisation est moins bien caractérisée et dont l'action thérapeutique est très réelle.

Il y a encore à envisager les eaux sous le rapport de leurs bases. Mais ici il est un fait général très remarquable sur lequel le Dr Durant-Fardel insiste, c'est que toutes les grandes actions thérapeutiques que peut revendiquer la médication thermale appartiennent aux eaux à bases franchement sodiques. Cela est si vrai que si l'on rencontre une eau minérale franchement et fortement sodique, on pourra être assuré à priori qu'elle possède à un haut degré des propriétés thérapeutiques.

Enfin la thermalité des eaux minérales est aussi un de leurs éléments d'action qu'il ne faut pas négliger.

Le Dr Durant-Fardel expose en dernier lieu les actions thérapeutiques des principales eaux minérales; il examine leur action altérante, par laquelle elles changent la manière d'être de l'organisme, en s'adressant aux phénomènes intimes de la nutrition ; cette action est surtout dévolue aux eaux à bases sodiques prédominantes et aux eaux possédant une minéralisation bion déterminée : telles sont les eaux chlorurées sodiques pour la scrofulose, les eaux bicarbonatées sodiques pour l'arthritis ; les eaux arsénicales, alcalines et sulfureuses pour l'herpétisme.

L'action reconstituante de certaines eaux minérales est aussi bien évidente; telles sont les eaux ferrugineuses pour la reconstitution du sang, les eaux à base de chaux pour la reconstitution du système osseux. Les eaux à bases sodiques, dont nous venons de parler, ont aussi une action reconstituante très énergique.

L'action sédative des eaux minérales est un fait constaté, mais non expliqué ; elle appartient, à des degrés divers, aux eaux faiblement minéralisées. Cette action est très difficile à définir; elle tend à calmer l'hypéresthésie et à rétablir l'équilibre dans les désordres de l'innervation.

Les eaux sédatives servent encore à suppléer des eaux minérales plus actives, alors que l'irritabilité des sujets ou des tissus rend celles-ci difficilement applicables.

L'action substitutive, qui consiste essentiellement à changer la nature d'une inflammation, tient une place intéressante dans la médication thermale, et appartient essentiellement à une classe d'eaux minérales, les

sulfurées. C'est une action exclusivement locale, représentant une médication des surfaces, soit cutanées, soit muqueuses. Les catarrhes et les dermatoses, tel est donc le champ d'action à peu près exclusif de la médication substitutive thermale, c'est-à-dire des eaux sulfurées. Le docteur Durant-Fardel donne quelques règles pour cette médication, d'une nature assez délicate.

L'action résolutive des eaux minérales est très complexe; elle s'adresse à des états complexes eux-mêmes, où l'hypérémie passive et l'hyperplasie prennent une part diverse. La résolution de ces états s'obtient par des modes très différents; les eaux minérales possèdent précisément ce caractère de pouvoir mettre en jeu simultanément ces modes multiples. C'est encore aux eaux fortement minéralisées et à bases sodiques prédominantes qu'il faut recourir s'il s'agit de résoudre des tumeurs ou des engorgements. Aux eaux chlorurées reviennent spécialement les engorgements strumeux, aux bicarbonatées sodiques les engorgements viscéraux de tous les autres caractères.

Ces données générales peuvent servir de guide au médecin dans le choix des eaux minérales pour chaque cas qu'il rencontrera. C'est ce que le Dr Durant-Fardel cherche à obtenir, en tâchant de concentrer et de déterminer, avec le plus de précision possible, les applications spéciales de chaque groupe d'eaux thermales. Il serait utile, je le répète, que cette méthode fût appliquée dans un traité pratique, que tout médecin pourrait facilement consulter. Je ne doute pas qu'il n'en retire un grand profit et qu'il ne s'adresse plus souvent à ces eaux minérales qui, comme on l'a dit, « guérissent quelquefois, soulagent souvent, consolent toujours. »

Dr Moeller.

HYGIÈNE.

—

Quels sont les moyens de diminuer les dangers qu'offrent les substances minérales toxiques : mercure, plomb, arsenic, pour les travailleurs des différentes industries? (1). — Parmi les importantes questions traitées au Congrès d'Hygiène de Paris, nous en choisissons une, susceptible de rencontrer chaque jour de nombreuses applications. D'une manière générale on peut y répondre qu'il faut surtout diminuer les chances d'absorption des poisons. Les mesures à prendre se rap-

(1) Voir Rapport publié par MM. Gubler et Napias au nom d'une commission composée de MM. Bernard, Lavergne, Burcker, Carnot, Gubler, Hillairet, Laborde, Napias.

portent : 1° à l'ouvrier, 2° au milieu dans lequel il travaille et au procédé industriel que l'on y emploie.

1° *Mesures qui dépendent spécialement de l'ouvrier.* — L'absorption se fait par la peau et par les muqueuses, la muqueuse pulmonaire surtout dans le cas présent. Pour diminuer l'absorption par la peau on conseillera à l'ouvrier d'avoir un vêtement, destiné uniquement aux heures de travail, bien fermé partout, s'adaptant bien aux poignets et aux chevilles, et fait de toile serrée. Les mains seront garnies de gants pour toutes les opérations qui n'exigeront pas une grande délicatesse de toucher; les pieds de chaussures montantes, à fortes semelles et on exclura les chaussons, les savates et toutes autres chaussures ouvertes.

Dans quelques fabriques, les ouvriers se garantissent les mains, en les frottant avec de la poudre de talc. Cette mesure, bonne certainement, ne pourrait cependant remplacer l'usage des gants.

En ajoutant à ces diverses précautions les soins de propreté, on assurera l'intégrité de l'enveloppe cutanée. Ainsi, chaque fois, après le travail, l'ouvrier devra se laver les mains, soit avec de l'eau pure, soit avec de l'eau acide ou alcaline, et capable de neutraliser la substance vénéneuse. On s'est bien trouvé, dans les fabriques de céruse d'une solution de sulfure de potassium, destinée à former un sulfure de plomb insoluble. Malheureusement, il semble que la propreté répugne à beaucoup d'ouvriers ; et, bien qu'ils soient avertis des dangers qui les menacent, ils préfèrent s'y exposer que de les prévenir à ce prix.

Aux soins de propreté se rattache l'hygiène de la bouche. Les substances pulvérulentes trouvent dans les divers replis et sillons de cette cavité, une voie d'absorption facile; et les vapeurs toxiques peuvent en outre pénétrer par les ouvertures accidentelles, celles qui résultent par exemple de la carie dentaire. De là deux indications bien précises : 1° il faudra, avec la brosse à dents, nettoyer les replis de la bouche, 2° traiter la carie dentaire et combler les vides qu'elle aura produits. Cette dernière condition est jugée si indispensable par M. Magitot que son omission suffit, d'après lui, pour exclure l'ouvrier des ateliers où l'on travaille le phosphore. Il trouve que les vapeurs phosphoreuses pénétrant dans les alvéoles par la carie dentaire sont la véritable cause des nécroses du maxillaire supérieur. Certes, il est bien prouvé que cette nécrose peut coexister avec un état d'intégrité parfaite du système dentaire. Néanmoins les recommandations de M. Magitot méritent d'être prises en sérieuse considération.

Enfin, pour préserver la muqueuse des voies respiratoires, contre les poisons qui nous occupent, et même contre les poussières irritantes quelconques, on se servira de masques ou de respirateurs. Ils sont ordinairement composés de toile métallique, à mailles fines, ou tout simplement de mousseline ou de gaze pliée en plusieurs doubles. D'autres, destinés à éviter l'absorption de gaz toxiques, sont beaucoup plus compliqués et renferment un corps absorbant et désinfectant comme le charbon de bois. Enfin on peut remplacer le charbon par du coton, de la bourre de soie, du crin, de la laine... Un inconvénient commun à la plupart de ces

appareils, c'est qu'ils sont lourds et chauds. On pourrait les remplacer par une simple gaze, légèrement glycérinée. La glycérine, fortement avide d'eau, maintiendrait l'humidité du tissu et arrêterait sûrement les corps pulvérulents.

Le Dr Layet vient d'imaginer un masque qui semble offrir de réels avantages. Une couche filtrante est retenue entre deux toiles métalliques très fines. L'une d'elles est mobile autour d'une charnière, et permet ainsi de remplacer aisément le tissu absorbant ou filtrant, quand l'usage lui a enlevé ses qualités. Entre ce tissu et le visage de l'ouvrier se trouve un espace clos, sorte de chambre à air, dans laquelle arrive l'air filtré, destiné à l'inspiration. L'air expiré y arrive également, et bien qu'il s'échappe en partie par le tissu et les toiles métalliques, la plus grande partie s'en va par deux soupapes latérales qui s'ouvrent de dedans en dehors. Ainsi le corps filtrant ne s'échauffe guère et l'ouvrier respire un air relativement frais.

Si l'atmosphère dans laquelle travaille l'ouvrier est réellement viciée et toxique par le mélange de gaz méphitiques, il conviendra de le faire respirer par certains appareils qui le mettent en relation avec l'extérieur, ou qui contiennent du moins un air comprimé. Ces appareils sont assez nombreux, c'est-à-dire qu'aucun n'est vraiment commode. Cependant ils peuvent rendre de réels services.

Quant au régime, il convient que l'ouvrier ait à sa disposition une nourriture tonique, qu'il aura soin de ne déposer ni de prendre dans l'atelier, pour qu'elle ne soit pas imprégnée de substances toxiques. On a vanté le régime lacté contre l'intoxication mercurielle, et en effet les résultats en ont été assez heureux. On l'a préconisé aussi dans le cas d'intoxication saturnine; rien ne prouve qu'il soit fort efficace. Mais on préviendra et on combattra avantageusement les maladies mercurielles et saturnines par l'usage de l'iodure de potassium.

2° Indépendamment des précautions que l'hygiène recommande directement à l'ouvrier, il en est d'autres qu'elle impose spécialement à ses patrons, celles qui tiennent à l'aération et aux procédés industriels. Nous considérerons successivement la ventilation, les appareils clos et la neutralisation des vapeurs.

Ventilation. — On comprend aisément l'importance d'une bonne ventilation. Elle prévient les inconvénients et les dangers qui résultent de l'encombrement et qui dans l'espèce sont dus, en partie, aux émanations malsaines des mécanismes, de l'huile des rouages, enfin de la respiration d'un personnel nombreux dans un espace limité. L'énergie de la ventilation devra être proportionnelle à celle des causes productrices des accidents.

La ventilation peut être obtenue naturellement par une sage disposition des ouvertures du local, ou artificiellement par l'emploi de machines.

Un moyen bien simple de ventilation naturelle consiste à ouvrir la rangée inférieure des fenêtres d'un côté, en même temps que la rangée supérieure des fenêtres du côté opposé. La différence de niveau des fenêtres suffit à provoquer un courant d'air qui, sans avoir rien de fâcheux pour le personnel de l'atelier, assure une bonne aération.

C'est sur le même principe qu'est basé le système automoteur Watson.

Supposons un escalier à cage fermée, et présentant à la voûte une ouverture à laquelle s'adapte une tourelle divisée en deux compartiments d'inégale hauteur par une cloison verticale. Qu'au-dessus de chaque porte d'atelier donnant sur l'escalier, on pratique un orifice partagé en deux moitiés par une cloison horizontale, et on a tout un système dans lequel l'air parcourt le trajet suivant : il descend par le compartiment le moins élevé de la tourelle, par le segment inférieur de chaque orifice, d'où il se répand dans la place, et vient chasser l'air échauffé qui s'échappe par les segments supérieurs et par le compartiment le plus élevé de la tourelle.

Un bec de gaz, brûlant sous une petite cheminée pratiquée au plafond, constitue un excellent moyen de ventilation. Il devra naturellement être multiplié selon l'étendue de la place. Mais on pourra même s'en dispenser si la pièce à ventiler est située immédiatement sous le toit, surtout si ce dernier est mince et composé de matériaux bons conducteurs du calorique, comme le zinc, la tôle. Et pour que l'air venant de la place soit à l'abri des courants extérieurs, qui pourraient l'y refouler, on couronnera la petite cheminée par un chapeau mobile dont l'orifice, tourné du côté opposé au vent, ne lui donnera jamais accès.

La ventilation naturelle comprend beaucoup de procédés. Nous avons indiqué les plus efficaces et les plus simples. Mais dans beaucoup de cas, il faut recourir à la ventilation artificielle, soit à cause de l'intempérie des saisons, soit à cause de la grande abondance des substances irritantes ou toxiques.

Il y a trois procédés de ventilation artificielle :

Le premier utilise les appareils de chauffage placés dans l'atelier.

Le deuxième consiste à établir une communication entre l'atelier et un foyer ou une puissante cheminée située au dehors et qui fasse l'office d'une véritable machine aspirante.

Les ventilations mécaniques constituent le troisième procédé. Il comprend les soufflets, les pompes, les ventilateurs à hélice.

Malheureusement le premier procédé ne peut être employé que l'hiver, et le deuxième là seulement où l'industrie reclame un foyer ou une cheminée.

Appareils clos. — Après la ventilation, les appareils clos pourront éviter à l'ouvrier les inconvénients de son travail. Ces appareils ne sauraient être employés que là où les émanations ne sont pas susceptibles d'acquérir une tension croissante. Prenons comme exemple la cloche de tôle qui, chez certains industriels, recouvre dans tout son trajet la meule destinée à pulvériser les substances toxiques comme, par exemple, la belladone. Cette énorme cloche suspendue au plafond vient s'engager exactement dans une rainure de la table d'opération. Quand la pulvérisation est terminée, on laisse les poussières se déposer complétement, et on soulève alors avec lenteur la cloche protectrice. Citons encore le châssis vitré dans lequel se fait le trempage du phosphore, et qui prévient avec tant d'efficacité la nécrose du maxillaire.

M. Deschamps a imaginé, pour les ouvriers qui travaillent le caout-

choue, une cage vitrée pour les abriter contre le sulfure de carbone. Elle présente, du côté où se trouvent les ouvriers, des orifices garnis de manchettes imperméables que l'on fixe aux poignets par des bracelets.

On peut dire que les appareils clos rendent d'immenses services quand les matières ne peuvent être humectées à l'eau ou à l'huile. L'humectation en effet suffit à écarter le danger. C'est par les appareils clos que l'on est parvenu à opérer sans accidents l'embarillage de la céruse.

Neutralisation des vapeurs toxiques. — L'essence de térébenthine a été employée pour neutraliser les vapeurs de phosphore. Elle empêcherait la combustion lente de ce métalloïde, et la formation de produits acides. On préfère aujourd'hui le châssis vitré.

L'ammoniaque neutralise les vapeurs nitreuses et les vapeurs mercurielles. Contre ces dernières on a eu recours aussi au soufre pulvérisé ou en bâtons, mais nous n'en connaissons pas le résultat.

Substitution de substances inoffensives aux substances toxiques (1). — Nous n'avons parlé jusqu'ici que de modifications plus ou moins importantes à apporter dans les procédés industriels pour modifier l'hygiène de l'ouvrier. Mais il y aurait une réforme plus radicale à introduire dans l'atelier : ce serait de remplacer les substances toxiques par d'autres qui resteraient inoffensives. Bien des essais ont déjà été dirigés dans cette voie, mais avec des résultats divers.

Essai de suppression du mercure. — Le mercure est employé dans une foule d'industries, et parmi les nombreuses victimes qu'il fait, il faut citer en première ligne les chapeliers. Ils se servent surtout de deux solutions mercurielles, l'une jaune, l'autre blanche, réputées d'abord secrètes ; de là les noms de secret jaune et de secret blanc qu'elles ont reçus, et celui de secrétage, réservé à leur emploi. L'immersion continuelle des mains dans l'une et l'autre solutions, les vapeurs qui s'en échappent, en viennent facilement à provoquer l'intoxication. Cependant elle est devenue moins fréquente depuis que la tonte à la mécanique a remplacé la tonte à la main.

Le Dr Hillairet est arrivé à substituer la mélasse au mercure. Il a à ce sujet adressé à l'Académie de médecine une note (2) dont le Dr Delpech a fait un intéressant rapport. Il a obtenu d'excellents résultats confirmés par une année d'expérience sur une vaste échelle. Cependant il reconnait que son procédé est susceptible encore de perfectionnement, et qu'il a peut-être pour inconvénient de nécessiter plus de main d'œuvre que l'ancien procédé. Mais si l'on songe que le prix de la mélasse est inférieur à celui du secret blanc ou du secret jaune, que le salaire de l'ouvrier peut être abaissé puisqu'il travaille désormais à une industrie sans danger, il sera facile de comprendre que l'inconvénient est largement compensé par

(1) Voir même rapport.

(2) Note sur un nouveau moyen de préparer sans mercure les poils de lièvre et de lapin destinés à la fabrication des chapeaux de feutre.

de sérieux avantages. La substitution de la mélasse au mercure soustrait tout d'un coup, d'après M. Hillairet, aux dangers de l'intoxication mercurielle plus de 10000 ouvriers en France et de 20000 à 25000 en Europe.

Les miroitiers ont déjà commencé à remplacer dans l'étamage de leurs glaces le mercure par une solution de nitrate d'argent ammoniacal et d'acide tartrique.

Les doreurs au mercure préfèrent, depuis quelque temps, la dorure galvanique qui donne de magnifiques résultats. La durée en est peut-être moindre, mais le prix de revient en est aussi moins élevé.

Substitution du phosphore rouge au phosphore blanc. — En France, l'usage des allumettes au phosphore rouge ou phosphore amorphe est encore très restreint, tandis qu'en Danemarck le phosphore blanc est complétement abandonné. Ce qui pourra peut-être pendant quelque temps s'opposer à la généralisation de l'emploi du phosphore rouge, c'est d'abord son prix élevé; c'est ensuite que par lui-même il ne peut s'enflammer, mais a besoin pour cela d'être mélangé au chlorate de potasse; et ce mélange n'est pas sans danger.

Essai de suppression du plomb. — Les émailleurs pourraient faire leur profit de la préparation suivante dans laquelle la chaux est substituée à l'oxyde de plomb, pour les vernis incolores :

Silicate de soude alcalin à 50°	100	parties.
Quartz en poudre	15	»
Craie de Meudon	15	»

Le vernis brun, ils le remplaceraient avantageusement aussi, en substituant le peroxyde de manganèse au minium, d'après la formule suivante :

Silicate de soude alcalin à 50°	100	parties.
Quartz en poudre	15	»
Peroxyde de manganèse cristallisé	15	»

On ne peut comprendre, si ce n'est en l'attribuant à un coupable esprit de routine, pourquoi les peintres continuent à employer le blanc de plomb malgré tous ses dangers, au lieu de blanc de zinc, à propriétés inoffensives et donnant de si beaux résultats.

Essai de suppression des substances minérales toxiques, et en particulier de l'arsenic, dans les matières colorantes. — L'arsenic uni au cuivre est le principe colorant du vert de Scheele, du vert de Schweinfurt, et de beaucoup d'autres nuances de vert : vert de Vienne, vert minéral, vert mitis, cendres vertes, vert Paul Véronèse... Les chimistes ont composé des couleurs vertes non arsénicales, mais ayant aussi leurs dangers. L'idéal consiste à remplacer les principes colorants minéraux par des substances végétales. On a pu jusqu'ici tirer déjà un parti avantageux de la chlorophylle et de l'indigo, et il est à espérer qu'en se généralisant les recherches amèneront d'autres résultats encore.

De l'influence des maladies sur les viandes au point de vue de l'alimentation (1). — Nous distinguerons :

Les maladies inflammatoires;

Les maladies virulentes;

Les maladies parasitaires.

Maladies inflammatoires. — Quand l'animal atteint d'une inflammation aiguë a été abattu de bonne heure et que la viande en est fraîche, elle peut être soumise impunément à la consommation. L'animal n'a pas encore perdu son embonpoint et sa chair peut être aussi savoureuse qu'une viande saine. Seulement, en raison même des conditions dans lesquelles elle s'est trouvée, la fièvre ayant relâché les vaisseaux capillaires, cette viande est ordinairement saigneuse et, comme telle, susceptible d'une putréfaction rapide. Le débit n'en doit donc être permis que pendant quelques heures.

Si la maladie dure depuis plus longtemps, la viande est devenue ce que l'on est convenu d'appeler une viande maigre. Elle est pâle, molle et gluante et possède beaucoup moins de propriétés nutritives que la viande saine.

La cachexie aqueuse, les hydropisies généralisées, la pleurésie, la péritonite, l'entérite, la métrite, la métropéritonite, même en dehors des complications de gangrène et de septicémie, donnent de pareils caractères à la viande. La rétention d'urine, la rupture de la vessie lui communiquent une teinte plombée et une odeur pénétrante d'urine ou d'ammoniaque. La paraplégie, si l'on a tardé à abattre l'animal obligé de rester constamment couché, l'asphyxie due au météorisme ou à toute autre cause : l'étouffement, la strangulation, l'immersion, l'inhalation de gaz toxiques, rendent les viandes saigneuses, et nous en connaissons l'inconvénient

Maladies virulentes. — On peut définir ainsi les maladies contagieuses dont la nature nous échappe encore. Il est probable que le nombre en deviendra de moins en moins considérable. C'est ainsi que le charbon et la septicémie, naguère encore rangés dans cette classe, doivent être comptés aujourd'hui parmi les maladies parasitaires grâce aux recherches de M. Pasteur.

Parmi les maladies virulentes des animaux, les unes sont transmissibles à l'espèce humaine et elles doivent absolument faire rejeter de l'alimentation la chair de ceux qui en ont souffert; les autres ne nous atteignent point et on ne court point de danger pourvu que l'animal n'ait pas été sacrifié à une période avancée de la maladie et que la viande soit préparée dans les premières heures qui suivent la mort.

On s'est demandé si les maladies virulentes peuvent se communiquer par les voies digestives. Malgré l'opinion si autorisée de M. Collin qui attribue aux sucs digestifs la propriété de détruire les virus, la question

(1) Des moyens pratiques qui peuvent permettre de constater le bon état des viandes de boucherie servant à l'alimentation des villes et des campagnes. *Rapport de MM. Bouley et Nocard au Congrès d'hygiène de* 1878.

doit être résolue affirmativement (1). Elle ne concerne cependant que la viande crue; car la cuisson paraît détruire complétement tout principe nuisible. Il semble donc au premier abord que la cuisson puisse faire servir à l'alimentation tout animal atteint de maladie virulente contagieuse, pourvu qu'il réunisse les autres conditions exigées pour la viande : fraîcheur, consistance, couleur... Mais nous ne devons pas oublier que le débit, le colportage et la préparation de ces viandes exposent sérieusement ceux qui les manient à gagner le même mal. Cette restriction motive suffisamment la division que nous avons faite, au point de vue de l'alimentation, entre les maladies transmissibles à l'homme et celles qui ne le sont pas. Entrons dans quelques détails.

Le typhus ou peste bovine, la péripneumonie contagieuse, la fièvre aphteuse ne rendent pas la viande insalubre par elles-mêmes. On pourra donc en faire usage en toute sécurité si elle présente les autres conditions déjà énumérées Mais le colportage de pareille viande peut être le point de départ d'une épidémie, et c'est pourquoi elle ne sera débitée qu'avec certaines précautions, après refroidissement complet par exemple, pour éviter la diffusion des émanations et des miasmes.

La phtisie tuberculeuse a soulevé de nombreuses discussions, et il paraît démontré que l'ingestion de tubercules crus produit la tuberculose, même chez des animaux dont l'espèce n'en est jamais spontanément atteinte. Le même danger n'existe-t-il pas pour l'homme, et sur 100 morts à Paris, si la phtisie en prélève 30, ne faut-il pas en accuser, partiellement du moins, l'ingestion de viande tuberculeuse? Nous connaissons les objections que l'on peut opposer à ce jugement, et à ne considérer que la fréquence de la tuberculose, si l'on soutient qu'on ne l'observe que rarement chez les vaches laitières (2), nous devons reconnaître qu'une opinion bien recommandable affirme le contraire. Elle avance que c'est en grand nombre que les vaches laitières de Paris et des environs deviennent tuberculeuses et que si, à l'abattoir, la statistique n'en mentionne qu'une pour cent, c'est que la plupart n'y vont pas. Toutefois il est bon de ne pas oublier que toutes les expériences ont été faites avec la matière tuberculeuse elle-même, et que l'on ne peut se prononcer encore sur la valeur nocive de la substance musculaire. De plus, la cuisson détruit le principe tuberculeux et toutes nos remarques ne peuvent s'adresser qu'aux consommateurs de viande crue. En tous cas, s'il est permis de faire usage de la viande d'un animal tuberculeux, ce sera à la condition que la tuberculose soit limitée au tissu pulmonaire et coexiste encore avec les conditions requises pour une bonne alimentation. La

(1) Des faits négatifs, même nombreux, ne prouvent rien contre un seul fait positif. L'ingestion de viande charbonneuse a communiqué le charbon aux animaux les plus divers. Les squammes épidermiques de la clavelée mêlées aux aliments ont provoqué chez le mouton des pustules claveleuses. De même le mucus de la morve, des matières tuberculeuses ont occasionné la morve et la tuberculose.

(2) Voir *Revue des Questions scientifiques*, livraison d'avril 1878, p. 667.

tuberculose généralisée en augmentant les chances de transmissibilité, nuirait certainement à la qualité de la viande.

La rage ne peut se communiquer que par la salive; la viande d'un animal enragé peut donc être consommée sans faire courir le risque de concevoir la même maladie Mais la frayeur qu'elle inspire est telle qu'il vaut beaucoup mieux s'en abstenir.

Quant à la clavelée, nous ne pouvons en parler autrement que de la peste bovine. La viande peut encore servir à l'alimentation; mais son débit doit être entouré de grandes précautions.

Maladies parasitaires. — Le charbon est caractérisé par la présence dans le sang d'un vibrion, la bactérie. Cet organisme inférieur se multiplie avec une rapidité prodigieuse et, très avide d'oxygène, l'emprunte tout entier aux globules rouges. C'est là la cause de tous les désordres qu'il engendre. La cuisson le détruit; aussi peut-on se nourrir impunément d'une viande charbonneuse, pourvu qu'elle soit entièrement cuite. Mais avant de paraître sur la table, elle doit passer par une foule de mains et, malheur à ceux qui la manient imprudemment : équarrisseurs, mégissiers, bouchers, cuisiniers C'en est assez pour interdire, d'une manière formelle, le colportage de la viande charbonneuse. D'ailleurs privée de son oxygène par les bactéries, elle a une grande tendance à la putréfaction.

La septicémie doit faire rejeter en tout temps la viande qui en porte les atteintes. On l'observe chez les animaux de boucherie, surtout dans le cas de métrite, non-délivrance, péripneumonie, grands traumatismes, ou à la suite de l'inoculation préventive de la péripneumonie. Aspect désagréable, odeur repoussante, propriétés éminemment contagieuses, tout enfin doit écarter de la consommation la viande septicémique.

La trichinose rend la viande crue absolument impropre à l'alimentation. Si cette affection, assez fréquente en Allemagne, s'observe très peu en France, c'est parce que l'on fait, chez nos voisins du midi, une consommation très restreinte de viande crue. La cuisson tue la trichine enkystée dans les muscles, et sans elle la trichine irait, dans le tube digestif de l'homme, donner naissance à une foule de petits vers qui pénètrent à leur tour dans les chairs.

La ladrerie est une affection caractérisée par la présence dans les muscles de petites vésicules renfermant l'embryon du tænia. On rencontre chez le porc le *tænia salium* et chez le bœuf le *tænia inerme*. Ce sont les deux animaux de boucherie qui renferment des tænias. La vie de ce ver présente des périodes d'évolution semblables à celles de la trichine, et ce que nous avons dit de cette dernière peut très bien lui être appliqué. Si les viandes crues et les viandes saignantes n'étaient point si fort en vogue aujourd'hui, on rencontrerait beaucoup moins d'individus porteurs du ver solitaire.

Les autres affections parasitaires : le tournis du mouton, la pneumonie et la bronchite vermineuse, l'helminthiase intestinale n'ont en général point d'influence sur les qualités de la viande.

Et quant aux insectes qui y déposent leurs larves, tels que les diffé-

rentes espèces de mouches, on peut les écarter facilement en couvrant les viandes d'une gaze légère; et si même ils ont pu y déposer leurs œufs, ce sera sans préjudice pour la viande, car il suffira d'en enlever une couche superficielle pour l'en débarrasser complétement.

Nous dirons en terminant que les animaux empoisonnés ou seulement médicamentés par certaines substances telles que l'éther, l'ammoniaque, l'assa-fœtida, le camphre et l'essence de térébenthine ne peuvent servir à l'alimentation. L'empoisonnement explique cette exclusion; et quant aux substances médicamenteuses précitées, elles acquièrent par la cuisson une odeur et un goût plus prononcés encore que d'ordinaire et qui rendent la viande des plus désagréables.

Dr A. Dumont.

ANTHROPOLOGIE.

—

Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistorique (1). — La ville de Pesth avait été choisie pour y tenir en 1876 la huitième session du Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistorique. On se proposait d'y étudier les produits de l'âge du bronze hongrois qui forme une province archéologique très bien délimitée. La réunion fut brillante. Un grand nombre de savants étrangers s'y étaient donné rendez-vous. De hauts dignitaires de l'Église et de l'État s'associèrent à leurs travaux. Le premier volume des actes du Congrès, renfermant les procès-verbaux des séances et les discussions générales, a déjà paru. Nous allons en rendre compte en attendant le second volume plus particulièrement réservé à la description des antiquités de la Hongrie.

La grande querelle entre les partisans et les adversaires de l'âge de bronze s'est renouvelée à Pesth comme à Stockholm, comme à Bologne et à Copenhague. Seulement à des affirmations absolues et systématiques on a substitué de part et d'autre des appréciations plus conformes aux faits, c'est-à-dire à la vérité ; et les débats du Congrès de Pesth ont donné gain de cause à une opinion que nous soutenons depuis longtemps, à savoir que cette interminable dispute repose sur un malentendu.

L'âge du bronze ne peut être étudié que par régions et par provinces. Ici il est plus ancien; là il est plus récent ; ailleurs il se confond avec l'âge du fer. Telle est la thèse que nous avons toujours défendue. Telle est celle aussi qu'un savant antiquaire du Nord, M. Worsaæ, est venu

(1) Compte rendu de la huitième session (1er vol. Budapest, 1877).

développer devant le Congrès. Les peuples du Nord, dit-il, ont reçu d'ailleurs et à une époque relativement récente les procédés industriels qui caractérisent l'âge du bronze. Puis ils ont pratiqué eux-mêmes la métallurgie et imprimé à leurs produits une physionomie locale qui ne permet pas d'admettre que ces produits aient été importés d'Italie ou de Grèce, comme on l'a prétendu. Partout l'industrie du bronze a subi des influences locales. C'est, par exemple, ce qui est très frappant en Hongrie.

M. Alexandre Bertrand admet cette division de l'Europe en provinces industrielles ayant chacune leur caractère particulier. Il ne peut nier l'existence d'un âge du bronze dans les pays septentrionaux. Mais il pense que l'âge du bronze hongrois ou danubien n'est pas antérieur à la connaissance du fer, et considère comme démontré qu'en Italie les types dits de l'âge du bronze sont réellement contemporains du fer.

La présentation par M. Chantre de son album de l'âge du bronze en France, dont il a été rendu compte ici, dans un des précédents numéros de la *Revue*, a clos la discussion. Nous avons exposé les idées de M. Chantre sur la dispersion du bronze en Europe. Pour lui, la vallée du Danube fut une des voies par lesquelles le bronze pénétra dans le Nord de l'Europe. Les types découverts dans le sud-est de la Gaule, dans la vallée du Rhône et en Suisse, ne présentent aucun rapport avec le groupe danubien. Ils sont d'une provenance plus méridionale et appartiennent au réseau commercial de la Méditerranée. Leur antiquité est plus grande. C'est vers la fin de l'âge du bronze ou au commencement de l'âge du fer que s'établirent des relations commerciales entre la vallée du Danube et celle du Rhône, et que les deux courants commencèrent à se mêler. M. Chantre se rapprochant en cela de l'opinion de M. Bertrand, conclut que l'âge du bronze n'a eu sur les côtes de la Méditerranée qu'une existence éphémère ; tandis que son importance est croissante à mesure qu'on s'éloigne du puissant foyer de la civilisation antique.

A notre avis les deux camps ne sont plus séparés que par des nuances, des subtilités, des querelles de mots et pas autre chose. La question n'est plus de savoir si le fer a fait son apparition dans l'Europe méridionale avant ou après le bronze. Du moment qu'on établit, et les communications dont nous venons de parler le démontrent clairement, que l'industrie du bronze a régné successivement sur l'Europe toute entière avec des caractères bien tranchés, cela suffit pour maintenir dans la classification l'importante subdivision qu'y avaient introduite depuis longtemps les antiquaires du Nord.

Sans doute il restera à chercher à quelle époque le fer a fait sa première apparition sur les différents points de l'Occident. Mais qu'il arrive un peu plus tôt ou un peu plus tard, cela ne changera rien à la classification adoptée. Une civilisation qui s'affirme, comme celle du bronze, par un ensemble de produits répondant à tous les besoins journaliers de l'homme, ne peut pas être une illusion d'esprits prévenus. MM. Franks, Wirchow, Wurmbrand, tout en faisant des réserves, quant à la date de la première apparition du fer, se sont ralliés à cette manière de voir. Elle concilie les opinions extrêmes sur le terrain des faits, à la condition

toutefois que les transformistes consentent à ne pas trancher *a priori*, dans le sens de leur thèse, le problème de l'invention du fer et de sa propagation.

Pour en revenir à l'âge du bronze hongrois, la belle exposition organisée à l'occasion du Congrès par la commission locale a mis en relief d'une façon remarquable ses caractères originaux. L'attention s'est particulièrement portée sur un certain nombre d'objets en cuivre pur, et M. de Pulsky a soutenu l'opinion que l'industrie métallurgique avait débuté en Hongrie par un âge du cuivre. M. Evans, le savant archéologue anglais, pense que les instruments en cuivre de la Hongrie ont été fabriqués pendant l'âge de bronze à certains moments où l'étain, qui ne se trouve pas dans le pays, venait à manquer. Mais la thèse de M. de Pulsky emprunte une certaine force de probabilité à ce fait que les types des instruments de cuivre diffèrent de ceux de bronze, ce qui semble en effet démontrer une différence d'âge. Ce n'est pas seulement en Hongrie qu'on a trouvé des instruments en cuivre pur. Il en a été rencontré un peu partout, à l'état sporadique. Mais nous pensons avec M. Pigorini que ce sont des faits isolés dont il est impossible quant à présent de tirer une conclusion définitive.

On sait que les Bohémiens ou Tsiganes sont nombreux en Hongrie. C'était donc le lieu d'en parler. Aussi leur habile historien, M. Paul Bataillard, n'y a-t-il pas manqué. Il a même trouvé le moyen de rendre à la question un intérêt d'actualité en la rattachant au problème de l'origine du bronze en Europe.

Pour que les Tsiganes aient pu jouer un rôle dans la propagation du bronze dans le Nord et dans l'Occident, comme le soupçonne M. Bataillard, il faut qu'ils s'y soient établis bien plus anciennement qu'on ne le pense. C'est ce que l'auteur du mémoire s'est efforcé de démontrer.

On rapporte généralement à l'année 1417 la première apparition des Tsiganes en Occident. M. Bataillard reconnaît en effet que de 1417 à 1438 des bandes nomades visitèrent successivement tous les pays d'Occident, et qu'à partir de 1438 commença une période de migration plus générale. Mais il prouve par des citations nombreuses qu'antérieurement à 1417 les Bohémiens existaient déjà dans l'Allemagne occidentale, notamment dans l'évêché de Wurtzbourg, dans la Westphalie, dans la Hesse, dans la Misnie et probablement dans la Basse-Alsace. On les retrouve plus anciennement encore dans le sud-est de l'Europe. Des documents historiques signalent leur existence en Valachie dès 1370 ou 1372; en Grèce vers 1378. A la même époque ils étaient établis dans toutes les îles de la Méditerranée orientale et paraissaient s'y trouver de temps immémorial. Les chroniques qui en parlent nous les représentent tels que nous les voyons encore aujourd'hui, exerçant les mêmes métiers ou menant la même vie nomade. Un moine autrichien du XIIe siècle les décrit sous le nom d'Ismaélites dans une paraphrase de la Genèse en vers allemands. Ils sont déjà nommés sous le nom d'Athingans dans les textes byzantins du VIIe siècle, et ils entrent historiquement en scène sous l'empereur Ni-

céphore (810). Mais aucun texte ne nous dit de quelle époque datait leur immigration dans l'empire grec. M. Bataillard va plus loin. Il prétend reconnaître les Tsiganes dans les Σίγυννοι d'Hérodote (Hérod. V, 9), établis dans la région du Bas-Danube et jusqu'aux rives de l'Adriatique, et dans les Σίντιες de l'Ile de Lemnos.

A cette thèse de la haute antiquité des Tsiganes en Europe, les philologues font une objection. Le langage des Bohémiens, disent-ils, qui est certainement une langue aryenne de l'Inde, appartient à un groupe linguistique relativement très moderne dont l'origine ne serait pas antérieure à l'ère chrétienne. M. Bataillard fait remarquer que cette objection ne renverse pas sa thèse, attendu qu'il n'a jamais prétendu que tous les Bohémiens descendent des Sigynnes et des Sints de l'antiquité, ni que leur langue actuelle dérivât exclusivement et directement de la langue qu'ils parlaient autrefois.

L'immigration et l'établissement des bohémiens dans l'Europe occidentale au XVe siècle, est un fait historique. Mais cela ne prouve pas qu'ils n'y soient pas venus antérieurement. Après une longue interruption et depuis dix ans seulement, n'avons-nous pas vu se renouveler parmi nous la circulation de Tsiganes chaudronniers, venus de Hongrie et retournant en Hongrie après une tournée de deux ou trois ans? Il existe pour l'antiquité un document sur la valeur duquel M. Bataillard appelle avec raison l'attention. « C'est, dit-il, un passage d'Hérodote ou d'un de ses plus anciens scholiastes où, à la suite du paragraphe déjà cité, relatif aux Sigynnes, qui sont répandus dans un grand pays désert, au nord du Danube et qui s'étendent aussi jusqu'au pays des Vénètes sur l'Adriatique, se trouvent ces simples mots : « Les Ligures qui demeurent près de Massalie appellent Sigynnes les marchands ; tandis que les Cypriotes nomment ainsi les lances et les javelots. » Les marchands que les Ligures des environs de Marseille appelaient Sigynnes étaient évidemment des Sigynnes, c'est-à-dire, je n'en doute pas, des Tsiganes. Que vendaient-ils? Voilà ce qu'on voudrait bien savoir et qu'on ne sait pas. Mais ce petit fait certain est un point de départ précieux et qui ouvre le champ à bien des conjectures que je n'aborde pas. »

Si les Sigynnes allaient en Gaule, ajoute M. Bataillard, ils pouvaient également de la région du Danube et des Carpathes aller dans le nord, en Danemark, en Suède, en Germanie. S'ils y allaient ils pouvaient y porter du bronze, et des bords de l'Adriatique rapporter de l'ambre jaune. On voit comment, avec la question des Tsiganes, M. Bataillard nous amène en plein terrain archéologique. Nous voilà en face de la question du bronze et du problème de son importation et de sa dispersion en Europe.

Les archéologues du Nord attribuent à l'âge du bronze dans cette région une durée d'un millier d'années. Il aurait pris fin au commencement de l'ère chrétienne. Ils sont d'accord pour admettre que le bronze a été importé par des étrangers, par voie d'échange et non à la suite d'invasions guerrières. On a donc cherché à quel peuple attribuer cette importation et l'on a pensé aux Phéniciens. Mais à l'époque dont il s'agit les Phéniciens connaissaient depuis longtemps le fer. Pourquoi ne l'au-

raient-ils pas apporté en même temps que le bronze? L'objection est sérieuse. De plus il est incontestable que la fabrication du bronze s'est opérée sur place, comme l'indiquent de nombreux ateliers et ce qu'on appelle des cachettes de fondeurs.

Si l'on attribuait aux Tsiganes, au lieu des Phéniciens, l'importation du bronze, les choses s'expliqueraient tout naturellement.

Les Tsiganes devaient connaître le fer très anciennement et peut-être y a-t-il toujours eu, comme encore aujourd'hui, plus de forgerons que de chaudronniers parmi eux. Mais les deux industries sont parfaitement distinctes et tandis que les forgerons ont des mœurs sédentaires et circulent isolément dans un rayon assez restreint, les Tsiganes chaudronniers sont, au contraire, de grands voyageurs. Eux seuls forment une corporation hiérarchiquement organisée et entreprennent par bandes nombreuses de lointaines et longues tournées. Les pérégrinations qui se font encore aujourd'hui, observe M. Bataillard, pouvaient se faire déjà il y a deux mille ans et, dans tous les cas, l'importation du bronze dans l'Occident, à l'exclusion du fer, s'expliquerait parfaitement par les Tsiganes.

M. Bataillard se rencontre sur ce point avec M. de Mortillet qui, sans prétendre assimiler les métallurgistes de l'âge de bronze aux Tsiganes, avait cependant proposé d'expliquer certains faits archéologiques par l'hypothèse qu'à la fin de l'âge de bronze, des chaudronniers nomades, qu'il qualifie même de Bohémiens, avaient parcouru l'Europe en exerçant leur industrie. Nous avons nous-même émis plus d'une fois l'opinion que la prédominance du bronze en Occident à des époques où tout l'Orient connaissait le fer, pouvait s'expliquer par une certaine organisation des industries métallurgiques en corporations et en castes exerçant un monopole. Cette thèse, on le remarquera, nous permet de nous passer de l'explication transformiste qui voudrait donner au bronze l'antériorité absolue sur le fer et rejeter ainsi l'âge de bronze européen au-delà de toutes les limites de la chronologie historique. Nous devons ajouter que M. Bataillard ne donne pas ses conclusions comme une solution définitive : mais il pense qu'elles sont de nature à être prises en considération et à devenir le point de départ de recherches dans cette voie nouvelle.

Une question non moins intéressante que celle du bronze, quoique bien moins élucidée encore, est la question de l'homme tertiaire. Aussi M. J. Capellini eut-il un grand succès de curiosité quand il vint présenter au congrès des ossements de *Balænotus*, genre cétacé pliocène, portant des incisions que le savant naturaliste italien attribuait, avec la conviction la plus sincère, à la main de l'homme. Le squelette avait été retrouvé dans des couches sablonneuses des environs de Sienne, près du rivage d'une des îles de l'archipel pliocène qui marquait, vers la fin de l'époque tertiaire, la place de l'Italie centrale. L'extrémité inférieure du squelette, la partie extérieure des côtes et quelques apophyses des vertèbres portaient des incisions, offrant cette particularité remarquable qu'elles se trouvaient toutes du même côté. Il est évident pour moi, disait M. Capellini, dans sa communication au congrès, que les entailles en question ont

été faites par l'homme lorsqu'il s'est emparé de l'animal échoué dans des eaux peu profondes, et qu'il a essayé, au moyen de couteaux de silex ou à l'aide d'autres instruments, d'en détacher des morceaux. L'animal était ensablé sur le côté gauche. L'homme n'avait donc pu l'attaquer que du côté droit. Les naturalistes italiens, à qui les pièces furent soumises, avaient été unanimes à repousser l'hypothèse que de semblables entailles aient pu être produites par des dents de squale. M. le Dr Broca reprit cette démonstration devant le Congrès. Il expliqua comment la direction des entailles était incompatible avec l'idée d'une morsure, et montra qu'elles étaient le résultat d'un coup porté en décollant, avec un instrument tranchant quelconque. Il conclut en déclarant que jamais la question de l'homme tertiaire n'avait été aussi près de sa solution.

Le Congrès se sépara sous cette impression; mais depuis, M. le Dr Magitot a présenté à la Société d'Anthropologie de Paris des côtes fraîches de jeunes baleines sur lesquelles il a obtenu des entailles absolument semblables à celles du *Balænotus* de Sienne, à l'aide d'un rostre d'espadon. Nous pensons donc, avec M. Magitot, que les faits signalés par M. Capellini ne peuvent pas être invoqués comme des indices favorables à l'existence de l'homme pliocène; c'est-à-dire que la question de l'homme tertiaire reste en suspens, et la mort si regrettable de M. l'abbé Bourgeois pourra bien la laisser dormir longtemps encore. Nous avons revu à l'exposition universelle de Paris les silex miocènes, prétendus taillés, de Thenay, et nos doutes persistent plus que jamais; s'il nous arrivait d'en rencontrer de semblables dans les débris d'un atelier quaternaire ou néolithique, nous les rejetterions impitoyablement à l'exception de deux ou trois pièces du type grattoir. Tout le reste n'accuse à notre avis aucune taille intentionnelle. On se demande à quoi des fragments de silex aussi informes auraient pu servir, je ne dis pas seulement à l'homme, mais au précurseur simien ou au Dryopithécus de M. Gaudry. Si des indices aussi incertains méritaient d'être pris en considération, nous pourrions faire intervenir dans la question une série de silex offrant des apparences de taille et recueillis par nous dans les argiles à silex, non plus miocènes mais éocènes, du Mâconnais. Comme l'a très justement fait observer au Congrès de Pesth un géologue bien connu, M. Tardy, ces dépôts éocènes et miocènes correspondent à de grandes perturbations géologiques qui pourraient rendre compte des éclatements singuliers qu'on observe à la surface des silex de cet âge.

Ajournons donc encore une fois l'homme tertiaire et revenons sur un terrain plus solide avec M. le Dr Broca, auteur d'un important mémoire sur la trépanation du crâne et les amulettes crâniennes à l'époque néolithique.

La découverte des amulettes crâniennes est due à M. le Dr Prunières, de Marjevols (Lozère). Sa première communication à ce sujet date du mois d'août 1873. Il présenta au congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, qui se tint cette année-là à Lyon, une rondelle osseuse trouvée dans l'intérieur d'un crâne provenant d'un dolmen. La

rondelle n'appartenait point à ce crâne. Comment et pourquoi y avait-elle été introduite?

Dès cette époque M. Prunières émit l'opinion que cela devait être une amulette. D'autres pièces analogues furent découvertes peu de temps après, soit par M. Prunières, soit par M. de Baye. La plupart sont de l'époque néolithique; quelques-unes de l'époque gauloise. Il existe dans la collection de M. Morel, à Châlons-sur-Marne, un torque gaulois orné d'une rondelle osseuse de la forme d'un jeton et percée d'un trou de suspension central. D'autres rondelles retrouvées par M. de Baye dans des nécropoles gauloises étaient faites également pour être suspendues. Comme de tout temps on a attribué à la substance du crâne humain certaines propriétés médicinales, il était assez naturel de considérer de prime abord ces rondelles crâniennes comme des amulettes ou des talismans.

Longtemps avant la découverte des rondelles crâniennes, M. Prunières avait recueilli dans ses fouilles un certain nombre de crânes perforés artificiellement. Liant l'un à l'autre ces deux ordres de faits, il en tira la conclusion que la perforation des crânes avait pour but de se procurer des rondelles destinées à jouer le rôle d'amulettes.

La question en était là, quand M. le Dr Broca, à la suite d'un examen attentif des pièces nombreuses qui lui furent soumises, lui fit faire un pas important. Il constata que, si un certain nombre de perforations avaient été faites après la mort, d'autres au contraire avaient dû être obtenues du vivant de l'individu. L'examen attentif des bords de l'ouverture ne peut laisser aucun doute à cet égard. Il restait à savoir si ces perforations pouvaient être considérées comme le résultat d'accidents pathologiques ou traumatiques. M. Broca écarte ces deux hypothèses et appuie son opinion sur des considérations très concluantes, que le défaut de place ne nous permet pas de reproduire ici. Une seule conclusion restait donc admissible. Les perforations crâniennes de l'époque néolithique, faites sur le vivant, sont le résultat d'une opération chirurgicale qui n'est autre chose que la trépanation. Cette opération se pratiquait sur l'un et sur l'autre sexe, et presque exclusivement sur les enfants. Le procédé employé était le râclage. Enfin, autre fait important, la trépanation posthume se faisait presque exclusivement sur des sujets qui avaient subi dans leur enfance la trépanation chirurgicale et y avaient survécu.

Les amulettes crâniennes n'étaient pas toutes taillées en rondelles. Beaucoup d'entre elles sont d'une forme irrégulière. On les enlevait indistinctement dans tous les os de la voûte du crâne. Elles étaient inhumées avec celui qui les avait portées pendant sa vie.

M. le Dr Broca suppose qu'on pouvait leur attribuer la propriété de combattre les maladies traitées par la trépanation, et que ces maladies devaient être surtout les affections convulsives, ce qui expliquerait le jeune âge des sujets opérés. Les crânes des individus trépanés étaient sans doute considérés comme doués de vertus spéciales. De là l'usage de les transformer en amulettes. La superstition populaire a toujours attri-

bué les maladies convulsives aux esprits, aux dieux ou aux démons. « Le crâne où un esprit avait habité, l'ouverture à travers laquelle il était sorti, étaient marqués d'un sceau surnaturel et les reliques qui en provenaient devaient avoir la propriété de porter bonheur, de conjurer les mauvais esprits et en particulier de préserver les individus et les familles du mal terrible auquel le sujet trépané avait si heureusement échappé. » De là est peut-être venu plus tard l'usage médicinal de la substance du crâne dans le traitement de l'épilepsie. Quant à l'idée de guérir les affections convulsives par la trépanation, elle se retrouve encore aujourd'hui chez certains insulaires de l'Océanie, chez les Kabyles et aussi, dit-on, chez les montagnards du Montenegro. Jehan Taxil, dans un traité de l'épilepsie publié à Lyon en 1603, recommande la pratique de la trépanation par râclage. M. Prunières pense qu'aux temps néolitiques, le même traitement pouvait être appliqué aussi aux idiots et aux aliénés.

Dans plusieurs circonstances des amulettes crâniennes ont été retrouvées dans des crânes à qui on avait fait subir la trépanation posthume et qui avaient également subi la trépanation chirurgicale du vivant de l'individu. M. Broca considère l'amulette crânienne comme un viatique, comme un talisman que le défunt emportait avec lui; et il conclut que les hommes de l'époque néolithique croyaient à une autre vie dans laquelle les morts conservaient leur individualité.

M. Broca abuse de la valeur des mots en appliquant à de simples talismans, à des objets de superstition, des expressions comme celles de viatique, de reliques, en considérant les individus trépanés comme des êtres sanctifiés. Néanmoins nous recueillons avec empressement le témoignage qu'il porte en faveur de nos prédécesseurs des temps néolithiques, et nous admettons volontiers que les misérables populations de l'extrême Europe, n'avaient pas perdu toute notion de la vie surnaturelle. Déjà à Solutré, qui est d'un âge plus ancien, nous avions observé des indices de même nature. Ainsi, à mesure que l'on connaît mieux ces lointaines époques, l'hypothèse transformiste perd du terrain, et l'homme-singe s'évanouit.

Le volume que nous analysons renferme un assez grand nombre de monographies locales auxquelles nous ne pouvons nous arrêter longtemps. Nous citerons pour en finir quelques-uns des mémoires principaux. M. le comte Wurmbrand a fait connaître ses fouilles dans les cavernes de l'Autriche, ses trouvailles dans le lœss du Danube et ses explorations dans le champ funéraire de Maria-Rast, en Styrie. M. Bellucci a entretenu le Congrès de l'âge de pierre de la Tunisie, où il a fait de très intéressantes recherches et de riches collections. La question de l'ambre jaune et des voies commerciales par où il s'écoulait des rives de la Baltique dans l'Europe méridionale, a fourni à M. Sadowski le sujet d'un mémoire qui intéresse à la fois l'archéologie préhistorique et l'archéologie classique. Il montre que les voies commerciales n'ont pas changé depuis les temps les plus reculés et qu'elles s'expliquent par la topographie des régions baltiques. D'après une note de M. Franks, les

Grecs de la Sicile ont dû utiliser et travailler l'ambre rouge qu'on trouve encore naturellement dans cette île. M. Chantre rappelle que l'ambre rouge abonde dans les cimetières des Alpes, ce qui prouverait qu'il a été aussi répandu dans le commerce que l'ambre jaune. M. Dupont profite de l'occasion pour informer le Congrès que M. Fraas vient de découvrir dans le Liban des gisements considérables d'ambre rouge, que les Phéniciens et les Grecs ont pu exploiter. Dans un mémoire sur le premier âge du fer dans les provinces baltiques de la Russie et en Pologne, M. O. Montélius a démontré qu'une population germanique a habité ces contrées pendant les premiers siècles de notre ère et que les types du premier âge du fer, qu'on y trouve, sont apparentés avec ceux des pays scandinaves et allemands.

Le musée de Pesth possède un certain nombre d'objets offrant la plus parfaite analogie avec des trouvailles faites dans différentes régions de l'Europe occidentale et que les archéologues attribuent partout à l'époque des invasions barbares. La vallée du Danube fut donc une des voies par où ce courant industriel et artistique s'écoula en Occident, sous le pas des peuples barbares qui s'inspirèrent des traditions byzantines. Cette formule artistique caractérise-t-elle un état de civilisation propre à une époque et commun à plusieurs peuples? Est-elle au contraire l'œuvre et l'invention d'une race particulière? C'est à cette dernière opinion que s'est rallié M. Henszlmann, auteur d'un mémoire présenté au Congrès. Pour lui c'est au peuple goth que reviendrait tout l'honneur de ce mouvement artistique. Nous admettons bien volontiers avec M. Henszlmann que les Goths ont compris et pratiqué l'art à la manière des Franks, des Burgondes, des Lombards, des Avares, etc., mais que le peuple goth ait seul fait preuve d'un génie artistique parmi les peuples barbares, ses contemporains, c'est là une conclusion qui à notre avis ne ressort nullement des faits exposés.

ADRIEN ARCELIN.

TABLE DES MATIÈRES

DU

QUATRIÈME VOLUME.

LIVRAISON DE JUILLET 1878.

Les inondations, par **M A. de Lapparent**, professeur de géologie à l'Université catholique de Paris 5

Histoire de la doctrine de la restitution, par **M. A. Proost**, secrétaire de la Société centrale d'Agriculture 33

Dolmens, Menhirs et Tumulus, par **Jean-d'Estienne**, . . . 57

Le Darwinisme et l'expression des émotions chez l'homme et chez les animaux, par **M. l'abbé A. Lecomte**, directeur de l'École Normale de l'État, à Mons. 136

La place de l'homme dans la création, par **M. l'abbé Hamard**, prêtre de l'Oratoire de Rennes. 165

Des localisations cérébrales, par le **Dr Henri Desplats**, professeur à l'Université catholique de Lille. 230

Bibliographie. — I. Rapport de M. Haton de la Goupillière, ingénieur en chef des mines, professeur d'exploitation et de machines à l'École des mines, à la Commission d'études des des moyens propres à prévenir les explosions de grisou. **M. E Vandenpeereboom**. 280

II. L'astronomie pratique et les observatoires en Europe et en Angleterre, par C. André, P. Rayet et A. Angot. — Cinquième partie : Observatoires d'Italie, par P. Rayet. **M. Ph. Gilbert** 294

Revue des recueils périodiques.

Physique, par le **R. P. Van Tricht**, S. J. 300

Anthropologie, par **M Adrien Arcelin** 314

Géologie, par **M. Ch. de l. V. P.** 322

Thérapeutique, par le **Dr Moeller**. 334

Hygiène, par le **Dr Dumont**. 340

Physiologie, par **G H**. 347

LIVRAISON D'OCTOBRE 1878.

Le Père Secchi, par le **R. P. Van Tricht**, S. J. 353
Thermochimie et mécanique chimique, par **M. Aimé Witz**, professeur à l'Université catholique de Lille. 403
Le Darwinisme et l'expression des émotions chez l'homme et chez les animaux, par **M l'abbé Lecomte**, directeur de l'École Normale de l'État, à Mons 434
Métalloscopie et métallothérapie, par le **Dr Henri Desplats**, prof. de clinique médicale à l'Université catholique de Lille. 487
L'art forestier français a l'exposition universelle de 1878, par **M. Ch de Kirwan**. 513
L'aveuglement scientifique. — Cinquième article. Lois générales de l'univers. — La Réversion. — La Providence, par le **R P Carbonnelle**, S. J. 578
Bibliographie. — I. Leçons sur la Philosophie chimique professées au Collége de France en 1836, par M. Dumas, recueillies par M. Bineau ; deuxième édition. **J. d'E.** 625
II. La Religion en face de la Science. Leçons sur l'accord entre les données de la révélation biblique et les théories scientifiques modernes, par l'abbé Alexis Arduin, professeur, docteur en théologie. 1re partie : Cosmogonie. **J. d'E.** . . 635
III. Les Harmonies du son et l'histoire des instruments de musique, par J. Rambosson, lauréat de l'Institut de France, officier de l'Instruction publique. **J. d'E.** 639
IV. Principales publications du P. Secchi 643
Revue des recueils périodiques.
Physique, astronomie, par le **R. P. Van Tricht**, S. J. . . 666
Thérapeutique, par le **Dr Moeller** 676
Hygiène, par le **Dr Dumont** 681
Anthropologie, par **M. Adrien Arcelin** 690

T. P. I. Ok

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV.

Tome IV

DEUXIÈME ANNÉE. — TROISIÈME LIVRAISON.

JUILLET 1878

LOUVAIN,
CH. PEETERS, ÉDITEUR,
rue de Namur, 22.

PARIS,
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE,
35, rue de Grenelle.

1878

LIVRAISON DE JUILLET 1878.

—

I. — LES INONDATIONS, par **M. A. de Lapparent**, Professeur de géologie à l'Université catholique de Paris.

II. — HISTOIRE DE LA DOCTRINE DE LA RESTITUTION, par **M. A. Proost**, Secrétaire de la Société centrale d'Agriculture.

III. — DOLMENS, MENHIRS ET TUMULUS, par **Jean-d'Estienne.**

IV. — LE DARWINISME ET L'EXPRESSION DES ÉMOTIONS CHEZ L'HOMME ET CHEZ LES ANIMAUX, par **M. l'abbé A. Lecomte**, directeur de l'École Normale de l'État à Mons.

V. — LA PLACE DE L'HOMME DANS LA CRÉATION, par **M. l'abbé Hamard**, prêtre de l'Oratoire de Rennes.

VI. — DES LOCALISATIONS CÉRÉBRALES, par le **Dr Henri Desplats**, professeur à l'Université catholique de Lille.

VII. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Rapport de M. Haton de la Goupillière, ingénieur en chef des mines, professeur d'exploitation et de machines à l'École des mines, à la Commission d'études des moyens propres à prévenir les explosions de grisou. **M E Vandenpeereboom.** — II. L'astronomie pratique et les observatoires en Europe et en Angleterre, par C. André, P. Rayet et A. Angot. — Cinquième partie : Observatoires d'Italie, par P. Rayet. **M. Ph. Gilbert.**

VIII. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. Physique, par le **R. P. Van Tricht**, S. J. — Anthropologie, par **M. Adrien Arcelin.** — Géologie, par **M. Ch. de l. V. P.** — Thérapeutique, par le **Dr Moeller.** — Hygiène, par le **Dr Dumont.** — Physiologie, par **G. H.**

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES

PREMIÈRE ANNÉE, 1875-1876 — DEUXIÈME ANNÉE, 1876-1877.

Chaque année se vend séparément, prix : 20 francs. — S'adresser au Secrétariat de la Société Scientifique, 21, rue des Ursulines, Bruxelles.

Ces volumes ont été envoyés sans frais à tous les membres qui ont versé leur cotisation annuelle. Les nouveaux membres peuvent se les procurer au prix de 15 francs.

CONDITIONS D'ABONNEMENT.

La *Revue des Questions scientifiques* paraît tous les trois mois, à partir de janvier 1877, par livraisons de 350 pages environ ; elle forme chaque année deux forts volumes in-8°.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs par an, pour tous les pays de l'Union postale. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de 25 pour cent.

On peut se procurer, au prix d'abonnement, l'année 1877.

ON S'ABONNE :

A Bruxelles.

Au Secrétariat de la Société, 21, rue des Ursulines.

A Louvain.

Chez M. Ch. Peeters, éditeur, 22, rue de Namur.

A Paris.

A la librairie de la Société bibliographique, 35, rue de Grenelle.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV.

DEUXIÈME ANNÉE. — QUATRIÈME LIVRAISON.

OCTOBRE 1878

LOUVAIN,
CH. PEETERS, ÉDITEUR,
rue de Namur, 22.

PARIS,
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE,
35, rue de Grenelle.

1878

LIVRAISON D'OCTOBRE 1878.

—

I. — LE PÈRE SECCHI, par le **R. P. Van Tricht**, S. J.

II. — THERMOCHIMIE ET MÉCANIQUE CHIMIQUE, par **M. Aimé Witz**, Professeur à l'Université catholique de Lille.

III. — LE DARWINISME ET L'EXPRESSION DES ÉMOTIONS CHEZ L'HOMME ET CHEZ LES ANIMAUX, par **M. l'abbé A. Lecomte**, directeur de l'École Normale de l'État à Mons.

IV. — MÉTALLOSCOPIE ET MÉTALLOTHÉRAPIE, par le **Dr Desplats**, professeur à l'Université catholique de Lille.

V. — L'ART FORESTIER FRANÇAIS A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878, par **M. Ch. de Kirwan.**

VI. — L'AVEUGLEMENT SCIENTIFIQUE.—CINQUIÈME ARTICLE. LOIS GÉNÉRALES DE L'UNIVERS. — LA RÉVERSION. — LA PROVIDENCE, par le **R. P. Carbonnelle**, S. J.

VII. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Leçons sur la philosophie chimique professées au collége de France en 1836, par M. Dumas, recueillies par M. Bineau; deuxième édition. **J.-d'E.** — II. La Religion en face de la science. Leçons sur l'accord entre les données de la révélation biblique et les théories scientifiques modernes, par l'abbé Alexis Arduin, professeur, docteur en théologie. 1re partie : Cosmogonie. **J.-d'E.** — III. Les Harmonies du son et l'histoire des instruments de musique, par J. Rambosson, lauréat de l'Institut de France, officier de l'instruction publique. **J.-d'E.** — IV. Principales publications du P. Secchi.

VIII. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. Physique, par le **R. P. Van Tricht**, S. J. — Thérapeutique, par le **Dr Moeller**. — Hygiène, par le **Dr Dumont**. — Anthropologie, par **M. Adrien Arcelin.**

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES

PREMIÈRE ANNÉE, 1875-1876 — DEUXIÈME ANNÉE, 1876-1877.

haque année se vend séparément, prix : 20 francs. — S'adresser au rétariat de la Société Scientifique, 21, rue des Ursulines, Bruxelles. es volumes ont été envoyés sans frais à tous les membres qui ont sé leur cotisation annuelle. Les nouveaux membres peuvent se les curer au prix de 15 francs.

CONDITIONS D'ABONNEMENT.

La *Revue des Questions scientifiques* paraît tous les trois mois, à partir de janvier 1877, par livraisons de 350 pages environ; elle forme chaque année deux forts volumes in-8°.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs par an, pour tous les pays de l'Union postale. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de 25 pour cent.

On peut se procurer, au prix d'abonnement, l'année 1877.

ON S'ABONNE :

A Bruxelles.

Au Secrétariat de la Société, 21, rue des Ursulines.

A Louvain.

Chez M. Ch. Peeters, éditeur, 22, rue de Namur.

A Paris.

A la librairie de la Société bibliographique, 35, rue Grenelle.

AMNH LIBRARY
100226204